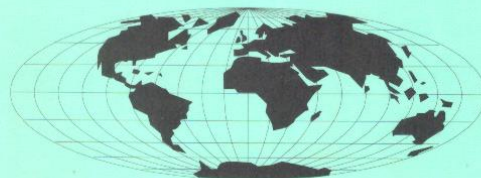
Michele Nardelli
Il terremoto:
studi ed ultime ipotesi sulla
sua genesi e previsione
EdiT

Stampato in Italia - Printed in Italy

Impaginazione elettronica e stampa Antonio Ricca - tel. 546.78.38

A papà, mamma e zia

23 Novembre 1980 ore 19,30: un disastroso terremoto colpisce l'Irpinia ed è avvertito in maniera violenta anche a Napoli.

Avevo 11 anni ed ero ignaro di ciò che rappresentava la potenza distruttrice di un fenomeno tellurico.

Fu da quella sera che nacque in me la voglia di studiare, di approfondire i fenomeni endogeni.

Questa passione aumentò di anno in anno, parallelamente al desiderio di collaborare alla scoperta di un metodo che permettesse di salvaguardare le vite ed i beni materiali.

Lo scopo della presente dissertazione è quello di indicare con degli studi appropriati la mèta tanto agognata dalla Comunità Scientifica: *la previsione dei terremoti*.

I parte
Studi e relative
osservazioni iniziali

8

9

I.1 Il terremoto, cos'è

I terremoti sono associati a faglie che tagliano la crosta terrestre ed il mantello superiore. L'ipocentro o "fuoco" di un terremoto è quel punto in cui i blocchi scivolano l'uno contro l'altro improvvisamente. Iniziata la rottura essa si propaga ad una velocità di circa 3,5 km/sec.. In grossi terremoti lo scivolamento tra i due blocchi può essere ampio fino a 15 metri.

Le onde di vibrazione del terremoto si propagano dalla faglia per lunghe distanze in tutte le direzioni. In prossimità dell'ipocentro esse possono avere ampiezze distruttive. Per rendere completa la teoria del rimbalzo elastico è però necessario che esista un mezzo che "lubrifichi" la faglia o riduca la pressione che salda i blocchi. Sapere ciò è la base per la conoscenza del meccanismo che muove la faglia.

I.2 Di che portata sono e quanti sono

In California l'intervallo di tempo che intercorre tra i grandi terremoti è di circa 50-100 anni. Tale tempo, necessario per immagazzinare una certa energia nelle rocce, risulta enorme se confrontato con il tempo che impiega tale energia a liberarsi con il terremoto. I due metodi che consentono di misurare la quantità di energia immagazzinata consistono: 1) nel valutare la distorsione di due allineamenti misurati; 2) nel misurare l'energia liberata dalle onde sismiche. E' l'energia liberata da un terremoto che fornisce una misura molto pre-

cisa delle sue dimensioni. I sismologi hanno adottato la scala delle magnitudo di Richter che si basa sull'ampiezza delle onde sismiche registrate dai sismografi. Essendo tale magnitudo basata su scala logaritmica, un aumento in magnitudo di una unità corrisponde ad un aumento dieci volte maggiore nelle dimensioni del terremoto. E' una vera fortuna che la maggior parte dei terremoti sia di piccola entità. Infatti i grandi terremoti, con magnitudo superiore a 8, capitano una volta ogni 5-10 anni. I danni iniziano con la magnitudo 5 aumentando fino alla distruzione totale con terremoti di magnitudo superiore a 8. I pochi grandi terremoti liberano ogni anno più energia sismica delle centinaia di migliaia di piccole scosse messe tutte insieme. Questa osservazione ci lascia comprendere come sia falsa l'idea che i terremoti agiscano come "valvola di sicurezza" liberando gradualmente la tensione in piccole quantità, prevenendo così una grande scossa.

1.3 I terremoti: dove avvengono

Una carta della sismicità mostra la localizzazione degli epicentri. Da essa notiamo che i terremoti tendono a presentarsi in fasce: ad esempio lungo la "cintura di fuoco" che borda l'Oceano Pacifico. Nuove carte sismiche hanno messo in evidenza che determinate fasce di epicentri coincidono con le creste delle dorsali medio- oceaniche, quindi con tutte quelle zone in cui le placche divergono. Gli epicentri sismici sono anche allineati lungo le faglie trasformi (S. Andreas) ove le placche scivolano l'una accanto all'altra. Quei terremoti che

invece si originano a profondità superiori a 100 km si presentano lungo i margini di quelle placche che entrano in collisione. Tali terremoti definiscono, quindi, le posizioni delle placche in subduzione. I fuochi di tali terremoti individuano il Piano di Benioff che si immerge nel mantello e che si presenta associato a fenomeni di subduzione quali le fosse oceaniche, gli archi insulari, i rilievi giovani e i vulcani. E' da sottolineare anche il fatto che sebbene la maggior parte degli eventi sismici si registri ai margini delle placche, una piccola percentuale di essi si origina all'interno delle placche stesse (forse in corrispondenza di punti caldi "passati").

1.4 Localizzazione degli epicentri

Due tipi di onde sismiche viaggiano all'interno del nostro pianeta: le onde P o prime o longitudinali e le onde S o seconde o trasversali. Queste ultime muovendosi più lentamente giungono al sismografo dopo un tempo circa doppio delle onde P. Vi è inoltre un terzo tipo di onde dette superficiali. L'intervallo di tempo tra l'arrivo delle onde P e delle S aumenta con la distanza percorsa dalle onde; quindi ad ogni intervallo di tempo S-P è associata una determinata distanza dall'epicentro. Per avere una posizione approssimata dell'epicentro, il sismologo prima di tutto, ricava l'intervallo di tempo S-P leggendolo sul sismogramma di una determinata stazione, determinando così la distanza dall'epicentro. Conoscendo tale distanza rispetto ad altre tre o più stazioni, il sismologo è in grado di localizzare esattamente l'epicentro.

Inoltre si determinerà anche il momento della scossa, conoscendo il tempo di arrivo delle onde P in ogni stazione.

1.5 Determinazione dell'andamento degli sforzi

Quando avviene un terremoto, un blocco di crosta terrestre scivola rispetto a quello adiacente lungo un piano di faglia. Se la teoria della tettonica a zolle è esatta e la sismicità è associata con i margini lungo i quali le placche si separano, entrano in collisione (subduzione) o scivolano una accanto all'altra, le orientazioni delle faglie e le direzioni di scivolamento dovrebbero essere diverse per ogni tipo di placca. Con questo si afferma che le zone di divergenza dovrebbero rappresentare la risposta all'allontanamento delle placche e le faglie dovrebbero essere normali. I terremoti delle zone convergenti, ove le placche entrano in collisione, dovrebbero invece presentare faglie inverse. I terremoti che si verificano lungo le placche che si muovono l'una accanto all'altra, infine, dovrebbero presentare faglie trasformi. La differenza tra i tre tipi di faglia è che nelle faglie cosiddette normali il blocco di crosta sovrastante scende lungo il piano, in quelle inverse il blocco di crosta sovrastante risale lungo il piano, in quelle trasformi, invece, blocchi di crosta scivolano lateralmente lungo piani quasi verticali. Le dorsali medio-oceaniche si presentano spesso divise in segmenti troncati da faglie trasformi. Gli epicentri dei terremoti coincidono con le creste di quelle dorsali e con le suddette faglie trasformi. Secondo la teoria della tettonica delle placche le creste delle dorsali segnano i margini tra placche divergenti.

Inoltre i terremoti che si verificano lungo le faglie trasformi (delle dorsali) sono associati a scivolamenti laterali, proprio come in quelle zone in cui le placche scivolano l'una accanto all'altra, secondo direzioni opposte. La sismologia, così, conferma il concetto che le placche si vanno allontanando dalle creste delle dorsali. Inoltre, non essendoci scivolamento lungo le zone dove la crosta si muove nella stessa direzione su entrambi i lati della faglia, in tali zone le faglie trasformi diventano asismiche (come se si cicatrizzassero) non dando luogo a terremoti. Anche in corrispondenza dei margini, sul lato opposto delle placche in movimento, dove si verificano le collisioni, si originano terremoti profondi (entro la placca in subduzione).

1.6 Evoluzione di una placca discendente

Il processo di subduzione implica forze enormi che debbono essere responsabili dei terremoti ad ipocentro profondo, che si presentano solo lungo placche in discesa. Gli improvvisi "scatti" a cui sono associati i terremoti si verificano fino a quando le placche diventano così calde che le tensioni vengono liberate con deformazioni plastiche anzichè attraverso faglie. E' questa la probabile spiegazione del fatto che i terremoti scompaiono a profondità superiori a 700 km.

1.7 Rapporti tra terremoti e vulcani: terremoti vulcanici e perimetrici

I terremoti possono anche originarsi da conati di eruzioni che non possono avere sfogo all'esterno. Anche il vapore acqueo, trovandosi imprigionato ad altissima temperatura e soggetto ad enormi pressioni, mugge e scuote violentemente il suolo. Essendoci una certa regolarità nel ritorno delle scosse, che si ripetono in uno stesso luogo, si è ipotizzato che ciò fosse un ritmo simile, forse anche nella causa, a quello che presentano le esplosioni dei vulcani, specialmente quando sono in moderata attività. I terremoti di intensità considerevole si ripetono di preferenza e con caratteri non molto differenti, sempre su delle medesime aree, come suole avvenire nelle eruzioni vulcaniche. Tra le regioni che stanno ai piedi dei vulcani attivi, l'attività sismica può essere massima come nel caso dell'Etna, grande come quella del Vesuvio e dei Campi Flegrei, o molto piccola come nelle isole Eolie. Nelle regioni perimetriche più prossime ai vulcani attivi: Messina e Val di Noto rispetto all'Etna, i due Principati rispetto al Vesuvio, l'attività sismica in generale è molto grande. Quelle regioni perimetriche relativamente lontane dai vulcani attivi (Calabria, Lazio, Abruzzi, Romagna, Veronese) presentano attività sismica grandissima. Esse corrispondono alle parti più elevate delle grandi valli appenniniche. Tutto ciò lasciava pensare che esistessero focolai sismici, paragonabili ai focolai vulcanici. Con ciò si confermavano le non poche analogie esistenti tra eruzioni vulcaniche e terremoti vulcanici o perimetrici. I terremoti vulcanici sono quelli che

hanno la massima intensità al piede o sul cono dei vulcani attivi o semispenti. Essi molte volte si sentono su di un'area ristrettissima, quantunque molto violenti e precedono di poco, o accompagnano, o seguono le eruzioni vulcaniche. Se il camino vulcanico è più o meno chiuso, alla tenacità e al peso delle masse laviche si aggiunge la tenacità delle rocce solide. Potendo queste due resistenze essere enormi, è logico che i gas sotterranei prima di raggiungere la forza sufficiente per vincerle, scuotano più o meno fortemente il suolo. E se tale è la causa dei terremoti vulcanici, essi dovranno essere più frequenti e violenti quando il vulcano è perfettamente chiuso o quando è molto elevato. Quindi i vulcani sono valvole di sicurezza contro i terremoti vulcanici: se sono aperti, cioè in attività e se sono poco elevati. Riguardo ai rapporti cronologici tra i terremoti e le eruzioni, non c'è quasi mai una perfetta coincidenza, ma una più o meno vicina successione. Spesso, infatti, i terremoti perimetrici precedono le eruzioni e molte volte invece le seguono più o meno da vicino. Tra i focolari sismici perimetrici e quelli vulcanici, come anche tra focolari sismici o tra i focolari vulcanici confrontati tra loro separatamente, esistono importanti relazioni.

La loro vicinanza (e la loro ubicazione su uno stesso parallelo) farà sì che i violenti movimenti che accadono in un focolare, verranno risentiti anche negli altri, in cui causeranno agitazione nei magmi, apertura di fessure, etc.. Inoltre tra un focolare e l'altro dovrà avvenire un continuo scambio di calore e forse anche di elettricità. Quindi, quando un vulcano scarica all'esterno enormi torrenti di calore, tutti i focolari sismici o vulcanici, soprattutto quelli in più facile co-

municazione termica, ne risentiranno un sollievo. Se non si ha una libera comunicazione di materie laviche tra i focolari perimetrici e quelli vulcanici, ci può essere però, uno scambio più o meno facile di materie gassose (principalmente vapori acquei) ad altissima temperatura.

1.8 Terremoti di forte intensità preceduti o seguiti da alcune scosse (foreshock e aftershock)

La massima parte dei terremoti superficiali, di intensità da moderata a grande, sono seguiti nelle ore successive e anche per diversi mesi da numerosi terremoti più piccoli localizzati nelle vicinanze. Questi terremoti sono chiamati aftershock e terremoti particolarmente violenti sono seguiti, talvolta, da un numero incredibile di tali scosse. Alcuni terremoti sono invece preceduti da piccoli foreshock (prescosse) provenienti dalla regione della sorgente. Alcune volte queste scosse possono essere usate per prevedere la scossa principale. L'aftershock è quindi una scossa secondaria di un terremoto principale: tali scosse avvengono in serie, concentrate in un ristretto volume della crosta - queste scosse sono dette anche repliche. Un foreshock, invece,sarebbe provocato da una rottura iniziale nelle rocce deformate e fratturate lungo una faglia. I foreshock, comunque, alterano di poco il flusso dell'acqua e la distribuzione di microfratture. Dopo parecchi di essi avrebbe inizio la rottura maggiore, quindi il terremoto principale. Con lo "scattare" delle rocce lungo la linea di rottura, insieme al forte scuotimento generato e calore pro-

dotto, avrebbero luogo rotture successive di minore entità: gli aftershock. Spesso si nota una forte variazione nella sismicità di fondo, un incremento nel tasso dei terremoti piccoli, prima di un imminente terremoto. Comunque il verificarsi di foreshock non è un indicatore infallibile, perchè non c'è alcun modo di sapere se un terremoto è un foreshock di uno più grande finchè quello più grande non è avvenuto.

1.9 Vulcani, terremoti e maree

Essendo i fenomeni vulcanici e sismici correlati con le variazioni di pressione nell'involucro più esterno della Terra è possibile che essi rispondano alle forze di marea. Chi sostiene questa teoria ritiene che le eruzioni e i terremoti sono processi di liberazione di energia e che le forze mareali possano agire come motore di tali processi. L'illustre prof. Palmieri, nei suoi studi sul Vesuvio, relativi alla seconda metà del XIX sec., osservò che le nuove colate laviche venivano di solito prodotte durante i pleniluni. Anche il Taylor studiando le eruzioni del M.te Lamington del 1951, notò che esse si accentravano intorno ai noviluni e pleniluni (maree di sizigie) e dedusse che queste agissero come un dispositivo di "innesco" delle eruzioni. Le eruzioni andesitiche e basaltiche mostravano significative concentrazioni di episodi in corrispondenza dei "massimi di marea", ma quelle basaltiche presentavano una situazione identica anche in corrispondenza dei "minimi".

I.10 *Relazioni tra cicli vulcanici e sismici con il ciclo delle macchie solari*

Le perturbazioni solari emettono fiumi di particelle elettricamente cariche che ionizzano fortemente la parte superiore dell'atmosfera, rendendola così capace di condurre cariche elettriche, fino a provocare scariche nell'aria rarefatta, dando luogo allo scintillìo delle note aurore boreali. Riguardo l'attività delle macchie solari, la durata di ogni singolo ciclo varia dai 9 ai 13 anni, con un intervallo medio tra i due massimi successivi pari a circa 11,2 anni. Thomas A. Jaggar, famoso scienziato, era convinto che l'attività fosse ritmica, con un ciclo di base della durata di circa 11 anni. Per giustificare il ciclo undecennale da lui presunto, Jaggar evidenziò che i vulcani Mauna Loa e Kilauea presentavano periodi di quiescenza all'inizio e alla fine del periodo 1902-1913 durante il quale, invece, erano rimasti attivi. Da questa e da altre osservazioni condotte in seguito da altri studiosi, si deduce che i periodi di riposo (bassa pressione) corrispondono ai minimi dell'attività delle macchie solari, mentre quelli di attiva emissione di lave (periodi di alta pressione) sono in relazione ai massimi. Jaggar infine, ebbe due intuizioni che definisco geniali: *se il magnetismo e l'elettricità terrestre sono associati in qualche modo alla gravità, può esserne interessato anche il fenomeno vulcanico (e il sismico). Se il calore derivante dalla radioattività della Terra agisce sul vulcanismo, il Sole a sua volta può influire sulle radiazioni della Terra. Infine se le emanazioni vulcaniche sulla Terra rappresentano "gli ultimi residui dei processi solari sul nostro*

pianeta" questi processi possono legarsi al Sole con legami sconosciuti. Attualmente si sta lavorando per ricercare tali legami che sicuramente faranno compiere un grande passo avanti nella conoscenza dei fenomeni endogeni per la loro previsione.

I.11 *Fenomeni che precedono o seguono un terremoto*

A parte i foreshock che talvolta precedono una grande scossa, vi sono alcuni fenomeni di origine fisica che spesso precedono o seguono un fenomeno tellurico. Faremo un elenco di tali fenomeni per poi farci un'idea sulla loro genesi. Fenomeni comuni sono: l'aumento dell'acqua nei pozzi, aria caliginosa, "travi di fuoco" che appaiono su cime montuose, aurore boreali, fiammelle che compaiono sulle aste metalliche delle croci, gravezza atmosferica e caldo eccessivo, lassezza fuori dall'ordinario, inquietudine degli animali, sorgenti intorbidate e accresciute di quantità e temperatura, tempo prima del terremoto, maturazione precoce delle piante fruttifere, sole pallido, luna rossastra, calma perfetta dell'atmosfera, fortissima agitazione dell'ago calamitato della bussola, abbassamento barometrico, prima della scossa perturbazioni elettriche nelle linee telegrafiche, perdita del potere di attrazione delle calamite. Altri fenomeni a volte osservati sono: mare gonfio, precedono la scossa piogge insistenti e diluviali, nubi sparse che si approssimano a vicenda a formare un mucchio che durante la scossa rimane immobile, piogge accompagnate da baleni e folgori, grandi fragori sotterranei, meteore lumi-

nose, pioggia, tuoni, neve e grandine, lampeggiamenti quasi continui, prima cumulo di nubi si mantiene su cime montuose, poi vento sciroccale lo trascina in basso, forte burrasca antecedente la scossa, sviluppo straordinario di metano in miniere, orizzonte verdastro o turchino, da molto era bel tempo, poi dopo lampeggiamenti, tuoni straordinari e temporali quasi ogni giorno, fosca striscia nebbiosa che non si muove e non cambia forma eccetto ai lembi dove, ora in un punto, ora in un altro, si prolunga inferiormente in forma di tromba. Uno studioso, il Vivenzio, attribuiva questi fenomeni all'elettricità come tutt'oggi, ma riconosceva in questo stesso agente fisico la causa di alcuni terremoti (ad esempio i terremoti calabri del 1783- 1786). Oggi come al tempo di Mercalli, tali fenomeni sono, secondo i fisici, considerati provenienti da affllussi di elettricità. Tali afflussi possono considerarsi come causati da variazioni anomale del campo geomagnetico. Alcune previsioni greche di terremoti (metodo VAN), sono basate sull'interpretazione matematica del segnale delle correnti elettriche che sono nel suolo. E' utile comprendere se la genesi di tali correnti telluriche sia endogena o esogena. Tale conoscenza certamente permetterà di migliorare una futura teoria sulla previsione sismica.

1.12 Associazione terremoti-archi insulari

I terremoti ad ipocentro profondo (250-700 km) sono provocati da slittamenti lungo piani di taglio e si riscontrano per lo più in corrispondenza degli archi insulari che bordano

l'Oceano Pacifico. L'attività sismica normale è di solito concentrata nella fossa marginale situata sul lato convesso dell'arco; quella con ipocentro a profondità intermedia si verifica sul fianco rivolto verso il continente; infine, le scosse con ipocentro profondo, sono talvolta localizzate molto al di sotto del margine continentale. Al largo delle coste del Perù e del Cile settentrionale si trova una fossa marginale. Quest'area presenta inoltre vulcani attivi attualmente o che lo sono stati recentemente. Quindi quest'area da identificarsi con la "Cordigliera Andina" ha le caratteristiche di base di un arco insulare. Il piano di taglio lungo cui si verificano i terremoti con ipocentro profondo, è originato dalle correnti convettive. Le correnti che si muovono in senso orizzontale, lungo la superficie inferiore della crosta, esercitano su di essa una forte azione trascinante, dando origine a tensioni dove divergono e a compressioni dove convergono. L'ipotesi orogenetica, che riscuote attualmente i più ampi consensi, si basa sulle correnti di convezione subcrostali che comportano l'espansione dei fondi oceanici, il conseguente movimento delle placche della crosta terrestre e quei fenomeni ad essi associati (terremoti, eruzioni, formazioni di geosinclinali, ecc.). Quindi le placche crostali si muovono e discendono nel mantello in corrispondenza delle zone di subduzione, la forza motrice, le condizioni e le modalità con cui i margini di placca si immergono nel mantello sono ancora controversi. Secondo l'ipotesi convettiva, i vulcani e i terremoti sono l'effetto, o un episodio contemporaneo, della formazione degli archi insulari che, a loro volta, rappresentano uno stadio della storia di una catena montuosa.

I.13 Correlazioni tra magnetismo terrestre e dinamiche interne della terra

E' stata suggerita la possibilità che il campo magnetico terrestre sia generato da movimenti convettivi, causati a loro volta da irregolarità dell'orbita terrestre. Vi sono anche prove che i principali terremoti avvengano in corrispondenza di certe variazioni nel movimento di rotazione della Terra. Riguardo gli spostamenti dell'asse di rotazione terrestre, sembra che variazioni anche minime possano influire in modo sorprendente sia sugli eventi climatici, che si svolgono sulla superficie della Terra, sia sulle forze agenti all'interno di essa. I movimenti convettivi all'interno della Terra e il campo magnetico terrestre possono avere una causa comune. Entrambi potrebbero derivare sia da irregolarità orbitali sia da fenomeni di induzione nell'ambito della massa terrestre. Si è recentemente dimostrato che i terremoti di intensità superiore a 7,5 nella scala Richter causano, o sono causati da cambiamenti della nutazione, un piccolo movimento rotatorio dell'asse di rotazione terrestre. Inoltre a intervalli di pochi mesi si verificano cambiamenti nel movimento rotatorio terrestre che interessano l'espansione dei fondi oceanici e causano i relativi terremoti. (1)

* * *

1. Questi cambiamenti periodici potrebbero derivare da fenomeni di perturbazioni gravitazionali planetarie (congiunzioni, opposizioni, ecc.)

Il campo magnetico terrestre non ha intensità e direzioni costanti, ma subisce variazioni secolari e transitorie. Le variazioni transitorie sono molto irregolari, di breve durata, e vengono registrate continuamente sulla superficie terrestre. Si parla di variazioni geomagnetiche solari diurne, lunari e ionosferiche, in quanto prodotte rispettivamente dalle varie attività fisiche connesse con i rapporti Sole-Terra, Luna-Terra e ionosfera-Terra. Particolari perturbazioni del campo geomagnetico sono le tempeste geomagnetiche, manifestantisi in brevissimo tempo su tutta le Terra, ma con il massimo dell'intensità in corrispondenza dei poli, dove vengono registrate le cosiddette aurore boreali. L'origine di queste tempeste è generalmente collegata a particolari attività del Sole (macchie solari, brillamenti, emissioni improvvise di gas ionizzanti, ecc.) Attualmente si parla di geomagnetizzazione legata strettamente a fenomeni astronomici (raggi cosmici), ma in particolare sembra che l'origine del fenomeno geomagnetico sia da attribuirsi all'emissione di radiazioni da parte del Sole.

Si è inoltre constatato che il campo esterno alla Terra presenta delle caratteristiche singolari ben localizzate che non possono spiegarsi con la teoria del dipolo, ma soltanto ammettendo campi magnetici interplanetari,situati e che si originano cioè tra i pianeti. La Terra sia nella sua parte solida e liquida sia nell'atmosfera, è sede di correnti elettriche. Nelle rocce sedimentarie sature d'acqua e negli oceani le correnti sono principalmente di tipo ionico. Nell'atmosfera la conduzione elettrica dipende dallo stato di ionizzazione (ossia dal numero di particelle cariche contenute in una unità di volume). Il grado di ionizzazione dell'aria varia moltissimo con

la quota, con l'ora e con la latitudine. Le cause del fenomeno della ionizzazione sono le radiazioni ultraviolette e i raggi cosmici provenienti dal Sole e dal centro della galassia. Le correnti elettriche esistenti nell'atmosfera sono correlate con la posizione del Sole ed anche in parte con la Luna. Infatti tali corpi celesti producono tramite l'attrazione gravitazionale (newtoniana) le maree atmosferiche, quindi spostamenti di particelle ionizzate. Sembra accertato che i 2/3 delle variazioni del campo magnetico siano da collegarsi alle correnti atmosferiche. Le correnti elettriche circolanti nella terra solida, le cosiddette correnti telluriche, seguono linee di flusso rassomiglianti a quelle delle correnti atmosferiche e come queste, inoltre seguono il corso del Sole (e quindi debbono avere una simile origine).

1.14 Teorie antiche e recenti sulla genesi e la previsione dei terremoti

E' stato spesso riferito che prima di un terremoto gli animali si comportano in maniera insolita. Studi ittici giapponesi hanno permesso di sapere che: 1) prima di un terremoto si vedono pesci che di solito non si trovano in una data zona; i pesci salgono in superficie o saltano fuori dall'acqua; banchi di pesci arrivano alla spiaggia; alcuni pesci scompaiono. C'è anche un detto in Giappone secondo il quale sta per esserci un terremoto quando serpenti, millepiedi, topi, rane ed altri animali escono fuori dai buchi in cui vivono solitamente. A volte galli e galline diventano così irrequieti da

non voler nemmeno entrare nei pollai, anche giorni prima del terremoto. I piccioni si rifugiano da qualche altra parte; inoltre in Giappone si crede che i fagiani preannuncino un terremoto facendo rumore. Cani e gatti, a volte, danno forti strida e i cavalli mostrano grande inquietudine. Forse tali fenomeni si verificano perchè gli animali avvertono tempo prima o poco prima l'evento sismico, la "calma perfetta" atmosferica, cioè l'elettricità indotta nell'atmosfera tramite la microfratturazione delle rocce. Un esempio ci è dato da un orbettino svegliatosi dal letargo che lanciò un forte grido durante il terremoto del 12/3/1873 nell'Italia centrale (2). Tale fenomeno lo si potè ripetere, sottoponendo l'animale ad una scossa elettrica.

Un altro tipo di previsione sismica si basa sull'ipotesi dell'origine vulcanica degli eventi sismici. Infatti per molto tempo si è pensato che i terremoti avessero una genesi prettamente vulcanica. Per una loro previsione si dovrebbe quindi studiare meglio il vulcano dal quale si pensa che l'evento abbia avuto origine. Tutt'oggi qualche studioso rimane dell'idea che la maggior parte degli eventi sismici sia di natura vulcanica. La teoria prevede che i terremoti si verifichino "sempre" in regioni vulcaniche recenti (presso vulcani attivi) o preistoriche (identificabili tramite indagini sull'età di rocce effusive). Il terremoto si verifica quindi per due motivi fondamentali: 1) il vulcano è spento, l'energia e i gas della Terra

2. Vedi "Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia", G. Mercalli, 1883

sono quindi compressi e quando tendono a liberarsi si scaricano sotto forma di onde sismiche; 2) il vulcano è attivo, i movimenti magmatici sotterranei provocano scontri o disequilibri (sismicità registratasi in occasione di eventi bradisismici ad esempio) dando origine al terremoto. Con questa teoria, basata sul collegamento vulcano- terremoto, considerata in passato ma mai applicata, si può provare a fare una previsione statistica. La prima cosa da fare per prevedere statisticamente un terremoto con tale metodo, è stabilire la periodicità statistica delle pause delle eruzioni vulcaniche del vulcano che si trova nell'area sismicamente interessata (Vesuvio nel caso della Campania), di quelli che si trovano nelle aree limitrofe (ad esempio, nel nostro caso, del Vulture che si trova in Basilicata), e/o del vulcano che si trova nell'area interessata dai movimenti delle zolle rigide (nel nostro caso: Italia-Africa, quindi Etna, Vulcano, Stromboli, etc.). Un esempio di come nel passato i fenomeni sismici si pensava fossero strettamente legati a quelli vulcanici, ci è dato dal terremoto verificatosi in Campania e nelle zone limitrofe (Principati), nel 1732. Questo disastroso terremoto colpì la Terra di Lavoro, la provincia di Molise, la Capitanata (Puglie), l'Irpinia, la Basilicata, la Calabria e molti altri paesi che ad alcuni studiosi parvero distribuiti sopra otto linee irraggianti dal Vesuvio. Anche il famoso terremoto del 1930, con epicentro la Basilicata, presso il distretto vulcanico del Vulture, si pensò che avesse avuto un'origine prettamente vulcanica. Secondo il Rollo S. l'allora ing. dello stato A. Cotugno, asserì che il terremoto del 21/11/1930 aveva avuto come epicentro l'estinto vulcano Vulture e non il Vesuvio come

alcuni suoi colleghi attestavano. Il Rollo conferma che presso Monticchio esistono due laghi vulcanici; il lago Padre (grande) e il lago Figlio (piccolo).

in quest'ultimo si ha la formazione di bolle gassose, poco tempo prima che si verifichi una scossa avente come epicentro quella zona della Basilicata. Tali fatti ci confermano in misura maggiore l'ipotesi di possibili relazioni tra vulcani e terremoti. L'origine vulcanica del terremoto, ovviamente, non è da scartare, ma deve essere considerata come una delle diverse cause scatenanti gli eventi sismici. Non a caso si è trovato che molti terremoti perimetrici, sono avvenuti in concomitanza con alcune principali eruzioni vesuviane o etnee.

I.15 La microsismicità quale fenomeno precursore

Uno studio che venne fatto per la previsione dei terremoti fu quello dei movimenti microsismici. Tutt'ora tale studio se svolto accuratamente, può fornire ulteriori informazioni per la teoria della previsione sismica. La crosta terrestre presenta movimenti tenuissimi, registrati soltanto da sismografi molto sensibili. Queste vibrazioni vengono chiamate movimenti microsismici. Nel 1783, l'astronomo Oriani a Milano e il meccanico Salsano a Napoli avvertirono movimenti insensibili del suolo in occasioni dei grandi terremoti calabri di quell'anno. Osservazioni accuratissime sugli spostamenti nello strumento "livello a bolla d'aria", vennero eseguite dal 1837 in poi dall'Abbadie nel Brasile, nell'Abissinia ed in Francia. Con esse egli constatò che la superficie terrestre è

soggetta a lente e piccolissime oscillazioni ed a conseguenti mutazioni della verticale. Lo studioso Padre Bertelli chiamò "Tromosismometro" il primo strumento da lui inventato per osservare i terremoti sensibili ed i movimenti microsismici. Padre Bertelli e l'acutissimo prof. De Rossi sostennero l'origine endogena dei movimenti microsismici, in quanto essi affermavano di fare le loro osservazioni impiegando tutte le precauzioni possibili per escludere l'azione sui tromometri del vento, del sole e di qualunque altra causa esterna. De Rossi fece osservazioni sopra pendoli appesi in grotte sotterranee a Rocca di Papa, nella parte più profonda delle catacombe di S. Callisto e nell'interno della città di Roma. Il principale risultato ottenuto fu che la massima parte dei periodi microsismici corrispondono con le agitazioni sismiche del sismografo vesuviano, e che la massima parte dei terremoti sensibili di qualche importanza avvengono dopo un periodo di oscillazione microsismica. Potrebbe essere quindi utile conoscere quando ci siano le agitazioni sismiche del sismografo vesuviano, per sapere infine l'approssimarsi di un periodo sismico nella nostra regione. Ancora più in generale, è utile conoscere l'agitazione sismica di un vulcano attivo situato o perimetrico ad una regione sismicamente attiva. Inoltre si dimostrò che spesso l'osservazione dei pozzi viene in sussidio di quella microsismica, in quanto se il livello delle acque si abbassa, significa che microfratture originatesi per agitazione microsismica assorbono le acque. Padre Camillo Melzi fece un pazientissimo confronto tra i periodi di agitazione tromometrica e quelli di abbassamento barometrico, arrivando ad importanti conclusioni quali:

1) ad abbassamenti barometrici di una durata maggiore almeno di due o tre giorni, in tutta Italia, corrispondono sempre agitazioni sensibili o quasi sensibili dei tromometri, duranti quasi esattamente il tempo in cui il barometro si trova al di sotto della media annuale;
2) invece nel tempo di innalzamenti duraturi del barometro, i tromometri generalmente sono in calma;
3) i massimi microsismici, quasi esattamente coincidono con i minimi barometrici di Roma, sia considerando gli abbassamenti al di sotto della media annuale, che le fluttuazioni barometriche durante un periodo sismico;
4) i moti tromometrici isolati, non coincidono con abbassamenti barometrici e devono quindi reputarsi di natura del tutto sismica. Padre Bertelli partendo da questi ed altri fatti chiamò: onde barosismiche quelle agitazioni regolari, la cui manifestazione viene favorita dalla depressione barometrica; onde sismiche quelle isolate e da quest'ultima indipendenti. Infine il prof. De Rossi ritenne che si abbia un accenno del luogo ove sta per manifestarsi un qualche parossismo sismico, con l'apparire di una notevole e crescente agitazione tromometrica, maggiore nei luoghi più prossimi e, progressivamente minore, nei più remoti rispetto al luogo minacciato. Nelle storie dei terremoti italiani si trova che spesso scosse violente sono precedute da altre leggere o da tremiti quasi insensibili del suolo. In altri casi la scossa massima non è stata preceduta da scosse sensibili, ma soltanto da tremiti del suolo. A Casamicciola, tanto per citare un esempio, già alcuni mesi prima il terremoto del 4/3/1881, si avvertì in

alcune case uno scricchiolio continuo delle travi e delle impalcature. La stessa cosa si sarebbe verificata, secondo alcuni locali, durante il terremoto del 23/11/1980.

I.16 L'attività planetaria e la sismicità

Alcuni studiosi hanno anche ipotizzato l'origine del tutto esogena e più esattamente planetaria, dei terremoti. Venivano infatti messi in gioco oltre che la Luna ed il Sole, i principali pianeti del sistema solare. Gli eventi si verificherebbero, secondo tale teoria, quando tali pianeti sono in fase di congiunzione o di opposizione. Un fautore di tale ipotesi è stato il sismologo autodidatta faentino R. Bendandi, mai preso in considerazione per i suoi studi volti alla previsione dei terremoti, i cui lavori non sono mai stati pubblicati.

Il terremoto è un evento che ha un'origine principalmente esogena, il meccanismo di innesco sarà quindi esterno alla dinamica della crosta terrestre e avrà la causa principale nelle congiunzioni planetarie, negli equinozi, nei solstizi ed in tutti quei fenomeni riguardanti l'involucro esterno della Terra, aventi sempre un'unica e simile origine. Uno di tali fenomeni è l'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica che produce cambiamenti stagionali. Infatti i raggi solari colpiscono la Terra in modo differente; in pratica, mentre all'Equatore agli equinozi in Sole a mezzogiorno illumina a perpendicolo la superficie terrestre, ai Poli la sfiora per tutto il giorno, ma senza riscaldarla apprezzabilmente.

Il Sole e la Luna tornano in congiunzione dopo ogni rivoluzione sinodica circa di giorni 29, la Luna ritorna al suo nodo ascendente dopo ogni rivoluzione draconitica, circa di giorni 27; infine, la Luna ritorna al suo perigeo dopo ogni rivoluzione anomalistica, circa di giorni 27,5.

Anche la precessione degli equinozi, che è l'effetto dell'attrazione della Luna sul rigonfiamento equatoriale della Terra, è un periodo in cui si ha una maggiore concentrazione di eventi endogeni, principalmente lungo il circolo massimo.

Il terremoto si produrrà quindi o nel momento in cui la Luna, durante il suo giorno di rivoluzione mensile, somma la sua azione attrattiva a quella degli altri pianeti che si troveranno in quello stesso momento circa (un poco prima o un poco dopo) in congiunzione o in opposizione, o nel momento in cui le sue fasi seguono o precedono fenomeni esogeni terrestri. La somma di tali attrazioni farà aumentare l'attrazione gravitazionale planetaria e la conseguenza per la sfera terrestre sarà la sua deformazione, il suo rigonfiamento. Il terremoto quindi sarebbe provocato, secondo tale teoria, da una vera e propria marea di crosta. D'altronde se tale legge fisica (la marea comune), ha una potenza così grande da sollevare per 5, 10, 20 e più metri tanta vasta massa d'acqua, per quale motivo una uguale legge-forza non dovrebbe poter esercitare un'attrazione anche sul resto della superficie terrestre? Tale teoria vorrebbe dimostrare che i fatti sismici hanno sempre coinciso con l'attrazione gravitazionale planetaria e con i fenomeni esogeni ad essa legati. Per verificare ciò si dovrà anzitutto dimostrare come le date degli eventi sismici principali coincidano con quelle delle fasi planetarie e con i prin-

cipali fenomeni interessanti l'involucro esterno del nostro pianeta. Una previsione sismica, quindi, si potrebbe basare sulle future e periodiche date delle congiunzioni e delle opposizioni planetarie, alle quali dovrà essere aggiunta la data di una vicina fase mareale. Tale calcolo verrà poi integrato con la periodicità sismica che è stata calcolata in base alle date dei terremoti passati registrate in cataloghi sismici. Per una previsione più accurata dovrà essere fatto inoltre uno studio sistematico sulla tettonica, il vulcanesimo e la geochimica della regione interessata. Procedere infine, facendo opportune statistiche sulla periodicità parossistica di apparati vulcanici che possono essere legati direttamente o indirettamente alla sismicità locale.

I.17 La crescita del livello del mare e le conseguenze geofisiche

Le tesi di alcuni ricercatori dell'Ateneo napoletano prevedono che si sta avendo un graduale sollevamento del livello del mare. Quali sono le cause che si nascondono dietro tale fenomeno? Una è lo scioglimento dei ghiacciai dovuto all'aumento della temperatura avutasi per l'inquinamento atmosferico e per l'assottigliamento dello strato di ozono, provocato dall'immissione dei clorofluorocarburi e da cause naturali analizzate più avanti.

E' stato fatto anche uno studio sistematico sulle portate dei maggiori corsi d'acqua, per poter poi notare l'eventuale aumento di esse dovuto a questo incremento generale della

temperatura e ai suoi conseguenti effetti. L'aumento della temperatura è causa dello scioglimento dei ghiacciai delle terre emerse, e provoca l'aumento del volume delle masse d'acqua degli oceani ed il sollevamento degli stessi.

Le più gravi conseguenze sono che la Terra subirà un rigonfiamento che causerà a sua volta un aumento del suo momento di inerzia e, per il principio di conservazione del momento angolare, un relativo rallentamento. Ciò fa nascere delle forze, dovute alla legge di Coriolis, capaci di scatenare movimenti all'interno dei fluidi terrestri e quindi terremoti. Cioè anche le correnti convettive, come le masse d'acqua oceaniche subiranno delle modifiche, nei movimenti, ed essendo esse la causa del movimento delle placche, queste ultime subiranno delle conseguenti modifiche. L'inquinamento da cfc, come prima detto, provoca la diminuzione dell'involucro di ozono che protegge il nostro pianeta dalle terribili radiazioni UV e dal "vento solare", che hanno quindi una maggiore possibilità di colpirlo. Aumentando l'attività solare, fenomeno periodico, aumenterà la quantità di magnetismo solare sulla Terra e quindi si avrà una variazione del campo magnetico terrestre. A sua volta quest'ultimo produrrà una variazione della grandezza delle varie faglie (effetto piezomagnetico inverso o magnetostrizione) ed esse tenderanno ad allungarsi o accorciarsi variando quindi di lunghezza e provocando i terremoti. Ciò fa dedurre che ogni qualvolta si abbia un aumento dell'attività solare si verifichi un periodo favorevole alla produzione di fenomeni endogeni.

* * *

Altre ipotesi sulla genesi dei terremoti sono:

1) la sismicità giornaliera terrestre (strumentale) può essere legata principalmente ai giorni solari e lunari, cioè ai periodi a cui corrispondono le alte e le basse maree giornaliere;
2) la sismicità di grado non superiore al settimo Mercalli potrebbe, invece, essere legata principalmente alle maree "vive" (plenilunio e novilunio) e ai principali fenomeni che interessano l'involucro terrestre esterno della Terra;
3) la forte sismicità potrebbe essere legata alla sovrapposizione delle due cause sopra elencate e, principalmente, all'attività undecennale solare e alla tesi su menzionata.
4) Se come si dice lungo le coste con bassi fondali le maree sviluppano energia che scaturisce dall'attrito fra l'acqua ed il fondo del mare, energia legata alla rotazione terrestre e lunare, e che questa dissipazione di energia riesce a rallentare la rotazione terrestre di una minima quantità; se è inoltre reale l'ipotesi di un generale rallentamento del movimento di rotazione terrestre dovuto al generale sollevamento delle masse oceaniche, con conseguenti fenomeni sismici ad essi legati, fenomeni innescati anche da perturbazioni dei moti convettivi contemporanee alla variazione della rotazione terrestre, è possibile ipotizzare che lungo le coste con bassi fondali si verifichi una maggiore scarica di energia sismica.
5) Essendo reale l'affermazione che quanto più è elevata la temperatura, tanto più le masse d'acqua si solleveranno, per il conseguente aumento del loro volume specifico, è

logico che si verifichi una maggiore concentrazione di eventi sismici in quelle zone dove la temperatura del mare è più elevata come quelle della fascia equatoriale, inoltre in quei periodi di maggiore radiazione solare quali i solstizi e in quei periodi in cui si ha un massimo numero di macchie solari.

6) Riguardo al trasferimento di calore da una parte all'altra del globo contribuisce in modo significativo la Calda corrente del Golfo. Possiamo dedurre quindi che la corrente cedendo calore all'aria meno calda che la sovrasta, provoca un ulteriore aumento di volume delle masse d'acqua, con conseguente innalzamento del livello del mare.
   Potrebbe quindi essere utile studiare il comportamento di quelle zone ove la corrente fa sentire i suoi effetti in quanto, se confermata tale ipotesi, queste potranno essere interessate da una maggiore sismicità.
7) Essendo le acque superficiali calde in prossimità dell'equatore, mentre quelle dell'Artico e dell'Antartico sono fredde, essendo tali acque più dense di quelle calde, tendono a spostarsi verso il basso e a fluire sul fondo in direzione dell'equatore. Esse si incontrano e si accavallano, prima di raggiungere l'equatore, con masse d'acqua ancora più dense provenienti dall'Artico. Nella fascia equatoriale essendoci, quindi, un forte afflusso di masse d'acqua, vi sarà un conseguente maggior innalzamento del livello oceanico.
8) E' utile, per conoscere le modalità con cui è avvenuto il sisma, sapere i mesi in cui un evento si è verificato in una

data regione e conoscere quali fenomeni esogeni interessano tali mesi.

9) Riguardo la teoria della tettonica a zolle, che è attualmente la teoria più accreditata, essa non tiene conto che le zolle adiacenti a quella in cui è avvenuto un determinato evento, sono quelle in cui sarà maggiore la probabilità che si verifichi un evento futuro. Nel caso però di un grande terremoto bisogna tener conto che la regione dove esso si è verificato, dovrà prima assestarsi e che quindi oltre le repliche che si avranno per diverso tempo, eventi sismici del tutto isolati a tale forte terremoto potranno verificarsi nelle zolle adiacenti.

10) La convezione e il campo magnetico della Terra possono originarsi sia da irregolarità orbitali che da fenomeni di induzione nella massa terrestre. Ciò conferma l'ipotesi di variazione dei moti all'interno dei fluidi terrestri in corrispondenza di variazioni del movimento di rotazione terrestre, in quanto anche l'orbita, nel nostro caso della Terra intorno al Sole, è un movimento rotatorio o meglio ellittico. Riguardo l'induzione, sono fenomeni di induzione sia la radiazione solare, il cui aumento provoca il sollevamento del livello del mare e la conseguente variazione del movimento rotatorio terrestre, sia il fenomeno della magnetostrizione delle faglie, provocato dall'aumento dell'attività solare e dal conseguente incremento della quantità di magnetismo solare sulla Terra, con la corrispondente variazione del campo geomagnetico.

1.18 Vulcanismo, sismicità e forze mareali

Vulcani spenti o semispenti sono costituiti da: i Monti Vulsini, Cimini e Sabatini, i Colli Albani, i Monti Ernici, i vulcani di Roccamonfina, del Vesuvio e dei Campi Flegrei, le isole Eolie e l'Etna. Un'altra serie di vulcani esisteva nel terziario lungo l'Appennino Toscano e settentrionale (Appennino Tosco Emiliano), ed al piede delle Alpi Venete. In età più remote in tali zone esistevano vulcani sottomarini che sollevarono i dossi granitici e porfirici delle odierne Prealpi Venete e Lombarde e le immense masse porfiriche delle Alpi Tirolesi. Ancora più indietro nel tempo, edifici vulcanici sottomarini, situati negli antichissimi oceani paleozoici ed azoici, misero alla luce i grandissimi quantitativi di rocce costituenti oggi i più elevati colossi alpini. La linea che congiungeva nel remoto una serie di punti vulcanici coincide sempre (in qualsiasi regione), nel presente, con una zona di attività sismica, sopra cui sono anche disseminati i principali fenomeni vulcanici secondari (G. Mercalli). Ecco perchè è importante conoscere la storia geologica di una regione "sismicamente attiva". Se infatti è reale l'ipotesi già citata di una certa regolarità nel ritorno delle scosse che si ripetono in un determinato luogo, di un ritmo simile, forse anche nella causa, a quello che presentano le esplosioni dei vulcani, specie quando sono in moderata attività, sarà utile cercare di conoscere il ritmo delle eruzioni dei vulcani attuali o antichi di una certa zona sismica. Quindi conoscere tramite studi di geocronologia la fenomenologia eruttiva degli edifici vulcanici, sarà di grande utilità per la teoria sulla previsione sismica.

Notiamo con interesse come le ipotesi del Mercalli confermino in modo assoluto la tesi sulla previsione statistico-vulcanica. Un'altra sua ipotesi ci dice che: alle scosse di intensità massima seguono le repliche di intensità in genere decrescente. C'è quindi una certa rassomiglianza tra una serie di scosse che si succedono in un terremoto ed una serie di esplosioni di intensità decrescente che seguono un parossismo vulcanico.

Talvolta si verificano abbassamenti del livello delle acque dei pozzi o delle sorgenti in corrispondenza di diminuzioni della pressione atmosferica ed innalzamenti del livello in corrispondenza all'aumento della pressione, da attribuirsi con molta probabilità a cause endogene aventi un'origine prettamente sismo-vulcanica (G. Mercalli).

Quando si ha un periodo sismico in una certa nazione, l'attività sismica è molto differente nelle diverse sue regioni, talvolta ciò si verifica anche se esse si presentano vicinissime tra loro (G. Mercalli). Forse ciò a dovuto ai diversi modi in cui le forze mareali rispondono. Tali forze, infatti, variano da luogo a luogo. Tale ipotesi è rafforzata da un'altra osservazione fatta dal Mercalli secondo cui: i vulcani (e le collegate zone sismiche) formano delle serie lineari che corrono lungo il perimetro del continente a cui appartengono e, precisamente, lungo la parte più vicina al mare (che quindi risponderà maggiormente alle forze mareali).

Nella cintura vulcanica pacifica si trova una vera e propria concentrazione di vulcani; inoltre, la maggior parte dei terremoti del globo è concentrata in tale fascia in cui sono situati anche i rilievi montuosi più giovani, alcuni dei quali

ancora si trovano in fase di sollevamento. Con tale osservazione la connessione vulcano-terremoto-orogenesi, sembra inequivocabile. Nelle regioni situate vicino la fascia Alpino-Himalayana, il magma non ha raggiunto la superficie essendo la crosta terrestre in tale luogo fortemente spessa, a causa di piegamenti e sovrascorrimenti. Ai margini di tali aree sono comunque presenti gli apparati vulcanici. Il famoso vulcanologo Haroun Tazieff afferma: *«I movimenti delle grandi zolle rigide che compongono la crosta, strettamente connessi al fenomeno vulcanico, danno origine sia ai terremoti che ai fondali oceanici, sia alla deriva dei continenti che al sollevamento delle montagne»*. Per poter prevedere il verificarsi di un terremoto è anche essenziale comprendere le caratteristiche della sorgente o "fuoco" del terremoto, quindi, approfondire la conoscenza sulla meccanica delle rocce e dei suoli (temperatura, pressione, composizione, dalle quali dipendono le velocità delle onde sismiche) di ogni zona o "centro" sismico. Da quest'ultima osservazione deduciamo che quando si verifica, a volte, prima di un terremoto, un decremento della velocità delle onde P, corrisponderà una variazione delle temperatura, pressione e composizione dell'area interessata.

Le variazioni nel movimento rotatorio terrestre, prima citate, anche se minime, possono influire in modo sorprendente sugli eventi climatici. Variazioni anomale degli eventi climatici, possono essere, quindi, in certi casi, un fenomeno premonitore.

L'ipotesi di un possibile collegamento indiretto sotterraneo delle principali zone sismo-vulcaniche del chimico G. Casaretti, potrà probabilmente essere utile per l'ulteriore svi-

luppo del complesso mosaico della teoria sulla previsione sismica. Tale osservazione è stata fatta su 9 principali "focolari sismo-vulcanici". Tali aree dovrebbero presentare collegamenti. Un'osservazione è stata fatta studiando gli eventi registratisi nei mesi di Dicembre 1988 e Gennaio 1989. Il 7 dicembre 1988 l'Armenia fu scossa da un terremoto di grandissime proporzioni (pari all'undicesimo-dodicesimo grado della scala Mercalli); nella prima decade del mese di Gennaio 1989 si ebbe una forte scossa di terremoto in California; il 20/1 si verificarono due scosse di terremoto, quasi contemporaneamente, sia nel Lazio (Colli Albani), che nel Piemonte (Cuneo) del quarto grado SM; nel 22/1 si verificò una forte scossa tellurica del settimo grado SM nella regione russa del Tagikistan, confinante con l'Afghanistan, a circa 2000 km dall'epicentro armeno. Se confrontiamo tali zone vediamo come esse si trovino su una stessa retta o meglio parallelo passante in ordine per la California, Italia-Grecia, Armenia, Tagikistan e Giappone. Anche il Giappone, il 24 gennaio fu colpito da un violento terremoto del nono-decimo grado SM. E' importante infine ricordare che in occasione del terremoto del Tagikistan, alcuni studiosi russi previdero che l'Armenia poteva essere colpita "nel prossimo se non immediato futuro" da un altro forte sisma. Giova ricordare che in concomitanza con la scossa registratasi in Giappone, l'Armenia fu colpita da nuove scosse di terremoto. Gli studiosi notarono anche, riguardo il possibile collegamento Armenia-Tagikistan, che da alcuni giorni in Armenia erano diminuite le scosse sotterranee e si era modificato il regime delle acque nei pozzi di ricerca. La citata sequenza sismica avvalora anche l'ipotesi

prima citata dello scatenarsi di un futuro evento sismico nelle zolle o faglie adiacenti quella in cui si è verificato un terremoto.

Un'altra delle tante cause scatenanti un terremoto è data dall'ipotesi della trivellazione dei pozzi petroliferi. L'estrazione di questo idrocarburo ammonta a tantissimi barili al giorno. Come è logico dedurre in una zona dove prima esisteva una falda petrolifera, si potrà avere un'infiltrazione di acque marine o meteoriche, che essendo ottimi solventi "allargheranno" l'ex bacino petrolifero, creando ulteriori fratture con conseguenti futuri probabili franamenti sotterranei, quindi terremoti.

Su di un quotidiano apparve un articolo secondo cui alcuni studiosi affermavano che entro il prossimo secolo si sarebbe verificato un intenso periodo sismico in Italia dovuto, come è risaputo, al continuo avvicinamento della zolla africana. L'osservazione condotta durante la lettura di un altro articolo sull'Europeo, dove vengono elencate le aree che saranno soggette, nei prossimi anni, a potenziali scariche sismiche, fa pensare che la sopra citata ipotesi meriti attenzione e purtroppo, come dedotto dalle ultime elaborazioni, deve essere ancora più pessimistica. La zolla africana, infatti, subirà una "brusca variazione" nella sua velocità di movimento per l'incremento dell'attività delle macchie solari. Infatti, come prima detto, la velocità di rotazione della Terra agisce sui moti oceanici e su quelli convettivi, originando spinte normali alla direzione del moto le cui variazioni possono perturbare la deriva dei continenti, quindi le zolle. Come quella africana, però, tutte le zolle subiranno simili conseguenze. Ecco che

quindi appare reale l'ipotesi non di un forte periodo sismico italiano ma mondiale, che farà quindi sentire i suoi effetti in tutte quelle aree sismicamente e vulcanicamente attive, geologicamente giovani e quindi ancora molto tormentate.

Analizziamo adesso le seguenti cinque osservazioni:

1) nel mese di Novembre il mare è più alto, in quanto piove in quantità maggiore e si ha una minore evaporazione;
2) l'escursione termica si approfondisce con la radice quadrata del periodo dell'onda espresso in giorni. Il mare si comporta come un "barometro invertito". Un aumento di un millibar (mb) produce, infatti, un abbassamento di un cm di mare. Il periodo ottobre 1988- gennaio 1989, quadrimestre durante il quale si ebbero soltanto 69 millimetri di pioggia, contro i normali 465, fu interessato da un aumento di pressione, nella misura di circa 30 mb oltre la norma. Conseguentemente il mare si abbassò di 30 cm. Da questa e da altre osservazioni si è dedotto che una maggiore (forte) pressione "preme", sforza il fondo del mare creando squilibri tali da far aumentare la probabilità dell'innesco di eventi di natura sismica.
3) l'alta pressione, il numero, o meglio, il "record" storico delle macchie solari e l'erosione della fascia di ozono (fenomeno naturale, ma a cui contribuisce anche l'uomo con la continua immissione di clorofluorocarburi), tutti fenomeni che interessarono l'anno '89 e quello successivo, sono i tre fattori principali che facero di questi anni un"periodo critico" sotto i due punti di vista: climatico ed endogeno.

4) Una parte di calore terrestre fluisce dalla parte bassa della litosfera verso la superficie terrestre tramite sorgenti radioattive e vulcaniche interne, ma la quantità è modesta se paragonata all'energia che la Terra intercetta dai raggi solari. Ciò conferma ulteriormente l'ipotesi che è il Sole, anche se in modo indiretto, ad innescare le fenomenologie endogene terrestri. Se, infatti, l'energia solare è quantitativamente molto più grande di quella sprigionata dalle viscere della Terra, essa potrà sicuramente e non probabilmente perturbare i moti convettivi terrestri.
5) Ricevendo le regioni equatoriali dalla radiazione solare molto più calore di quello che si perde direttamente nello spazio, in quelle zone passanti per il circolo massimo quale è l'equatore, la temperatura aumentando, per i già citati motivi antropogenici e naturali, provocherà una maggiore probabilità di eventi sismici in tali aree. L'aumento dell'attività solare interesserà sicuramente anche determinate "fasce", o meglio, paralleli. Nel solstizio estivo (21-22/6) l'Emisfero Settentrionale è rivolto verso il Sole, viceversa nel solstizio invernale (21-22/12) è l'Emisfero Meridionale che si protende verso il Sole. Durante i solstizi, l'asse terrestre presenta un'inclinazione massima rispetto al Sole, quindi questi periodi in cui si ha una maggiore radiazione solare, dovrebbero essere favorevoli all'innesco di eventi di natura endogena.

1.19 Attività solare, geomagnetica e terremoti

I ricercatori dell'Università di Napoli, esaminando i dati della temperatura minima giornaliera dell'aria e di quella massima diurna di stazioni lontane dalle città (dati inoltre filtrati dalle perturbazioni a livello di mesoscala), hanno accertato che la temperatura dell'aria in diverse località segue in maniera significativa il ciclo delle macchie solari. La radiazione galattica che investe l'alta atmosfera produce ossido di azoto, avente un alto potere riducente dell'ozono. Il campo magnetico solare scherma, in parte, il nostro pianeta dalla radiazione cosmica. La radiazione UV solare è responsabile sia della produzione che della distruzione dell'ozono. Quando si ha il massimo dell'attività solare ed il campo magnetico dell'astro è più intenso, si verifica una minore entrata di radiazione cosmica nell'alta atmosfera; quindi la distruzione dell'ozono operata dall'ossido di azoto prodotto dai raggi cosmici è minima. Ecco che si deduce che la concentrazione di ozono è massima durante il massimo dell'attività solare. Inoltre un maggior numero di macchie solari comporta temperatura più elevata. I ricercatori hanno accertato che l'incremento di una macchia solare, procedendo verso il Polo, provoca un incremento di ozono di millesimi di mm. Conoscendo l'anno di minima attività solare, il 1984, in cui si è avuta una riduzione di circa 113 macchie rispetto alle 158 macchie avutesi al massimo precedente nel 1979, era logico aspettarsi al Polo Nord un assottigliamento dello spessore di ozono di decimi di mm dopo circa 3 anni partendo dall'84, quindi nel 1987. Tale attenuazione dovuta alle variazioni dell'attività solare, risulta dello stesso ordine di grandezza di quello osservato. Questo risultato conferma che l'erosione dello spessore di ozono ai Poli non è dovuta solo alla causa dell'immissione nell'atmosfera dei cfc da parte dell'uomo. Se dovesse continuare il fenomeno riguardante la riduzione dello spessore di ozono ai Poli ed il conseguente maggiore aumento della temperatura accompagnato dall'analogo maggiore incremento dovuto all'effetto serra, vi sarebbe una maggiore entrata di energia solare ai Poli ed un aumento della temperatura dell'aria. Questo aumento interesserebbe in modo notevole la macchina termica del nostro pianeta basata sulla differenza di temperatura fra equatore e Poli. Si verificherebbe inoltre un conseguente aumento di temperatura dell'acqua del mare nella zona meridionale dei fronti polari. L'aumento della temperatura degli oceani fa aumentare il volume specifico dell'acqua e perciò si ha un aumento del livello del mare. L'aumento della temperatura dell'aria provoca anche lo scioglimento dei ghiacciai continentali ed il distacco di massi di ghiaccio, soprattutto nell'Antartide Occidentale e ciò comporta un ulteriore aumento del livello oceanico. Il livello degli oceani segue coerentemente ed in maniera significativa il ciclo dell'attività solare. Secondo un modello proposto dai ricercatori, l'incremento del volume specifico del mare provocato dall'aumento della temperatura, prevale su quello provocato dallo scioglimento dei ghiacci. Un aumento del livello marino comporta anche lo spostamento dell'asse di rotazione terrestre e la variazione della velocità rotazionale terrestre. La variazione di tale velocità agendo sui moti oceanici e su quelli convettivi potrebbe perturbare equilibri già precari e quindi

produrre eventi sismici. Analizzando i terremoti italiani di intensità maggiore al settimo grado SM e magnitudo maggiore o uguale a 7,5, avutisi nella fascia W pacifica ed a scala planetaria, si nota la presenza del ciclo undecennale solare nelle serie di sismi. Dal catalogo dei terremoti italiani si può osservare come l'onda solare sia del tutto assente nell'intervallo 1695-1715 (Periodo di Maunder) durante il quale è stato insolitamente assente anche il ciclo delle macchie solari. Anche l'analisi delle eruzioni vulcaniche storiche di maggiore intensità a scala planetaria ha mostrato una significativa variazione legata al ciclo dell'attività solare, avente andamento opposto a quello dell'attività sismica. Tale ultima osservazione fa credere che i terremoti innescati dall'attività solare liberino l'energia che avrebbe invece alimentato l'attività vulcanica. Si è anche indagato sulla probabile relazione tra sismicità e geomagnetismo, in particolare sui campi geomagnetici esterni e sulle correnti ionosferiche generatrici. I risultati di questa indagine hanno evidenziato, principalmente per i sismi superficiali, componenti mareali del tutto coerenti con quelle geomagnetiche. Le oscillazioni geomagnetiche che si approfondiscono ed interessano la crosta ed il mantello superiore, hanno una durata sufficiente per far sì che gli stress destati da fenomeni magneto e/o elettrostrittivi sollecitino la struttura crostale in special modo faglie e ad innescare così eventi sismici. Le variazioni mareali, lunari e solari del campo geomagnetico sono prodotte da movimenti nella ionosfera causati da moti mareali degli ioni (cosiddette maree atmosferiche) che costituiscono la ionosfera attraverso le linee di forza del campo magnetico terrestre. Le correnti elettriche che

fluiscono nella ionosfera vengono inoltre indotte nell'interno della Terra. Ecco quindi che le correnti elettriche telluriche circolanti nel suolo non hanno una genesi endogena. Generandosi i campi magnetici terrestri esterni da quelli mareali e dall'attività solare c'era da aspettarsi che anche le componenti lunari e solari seguano il ciclo delle macchie solari. I risultati ottenuti da tale indagine confermano l'ipotesi. Quindi nei periodi di massima attività solare il maggiore numero di eventi sismici potrà collegarsi all'aumento dell'ampiezza delle onde mareali e quindi alla loro maggiore capacità di innescare terremoti. Si intravede quindi, un effetto di innesco esercitato dalle variazioni del campo magnetico terrestre sui terremoti. L'intensità dei campi elettrici indotti nella crosta, può risultare più marcata se i flussi di corrente elettrica si incanalano lungo traiettorie a più elevata conducibilità.

1.20 L'attrazione gravitazionale newtoniana

La legge della gravitazione universale afferma che tutti gli oggetti si attraggono reciprocamente con una forza direttamente proporzionale alla loro distanza. Newton dimostrò come la fisica terrestre e la fisica celeste siano una sola fisica. La prima legge di Keplero dice che i pianeti descrivono orbite ellittiche, quasi complanari, delle quali il Sole occupa uno dei fuochi. Newton invece afferma che il fuoco si trova nel comune centro di massa, poichè non è soltanto il Sole ad attrarre ciascun pianeta, ma anche ciascun pianeta ad attrarre il Sole. Newton dice: se ci sono due corpi, nè il corpo che

attrae, nè il corpo che è attratto, possono essere in quiete. Entrambi i corpi orbitano attorno ad un centro comune come in virtù di una reciproca attrazione. Quindi se il Sole esercita un'attrazione sulla Terra, anche la Terra deve esercitare un'attrazione sul Sole con una forza di uguale grandezza. In tale sistema il Sole e la Terra si muovono attorno al loro comune centro di gravità. Ciascun pianeta è, oltre che un corpo attratto, anche un centro di forza di attrazione; quindi un pianeta non solo attrae ed è attratto dal Sole ma attrae anche ciascuno degli altri pianeti e ne è a sua volta attratto. Tale sistema si dice costituito da molti corpi interagenti. Da ciò si può cominciare ad intravvedere l'esistenza di un'attrazione gravitazionale provocante maree, dei pianeti del sistema solare. I pianeti, inoltre, non percorrono due volte la stessa orbita, ci sono tante orbite di un pianeta quante sono le sue rivoluzioni. L'orbita di ciascun pianeta dipende dal moto combinato di tutti i pianeti e dalle azioni che essi esercitano reciprocamente l'uno sull'altro. Se le irregolarità orbitali terrestri sono procovate dai moti combinati di tutti i pianeti e dall'azione gravitazionle che essi esercitano reciprocamente; se dalle irregolarità orbitali derivano i moti convettivi ed il campo geomagnetico, è logico dedurre che variazioni orbitali, provocate da perturbazioni gravitazionali, provochino variazioni del campo geomagnetico, quindi dei moti convettivi con conseguenti fenomeni endogeni. Newton suggerisce l'esistenza di perturbazioni gravitazionali reciproche delle orbite planetarie da cui poi deriverebbero i campi magnetici interplanetari.

Comunque non è che il Sole attrae un pianeta e tale pianeta attrae il Sole, si tratta in realtà di un meccanismo con cui il Sole ed il Pianeta cercano di avvicinarsi a vicenda. Essendo l'unità della forza di attrazione così piccola da risultare inosservabile, si potrà avvertire tale forza solo nei grandi corpi dei pianeti. Un insieme di pianeti orbitano attorno al Sole si attraggono fra loro e perturbano a vicenda la loro orbita. Fra tutti i pianeti Giove e Saturno sono quelli di massa maggiore. Il moto orbitale di Saturno, ad esempio, è perturbato quando i due pianeti (Giove e Saturno per l'appunto) si trovano alla loro distanza minima. Quindi il moto orbitale della Terra è perturbato quando i maggiori pianeti del sistema solare si trovano alla distanza minima. Tale irregolarità orbitale provoca anche una variazione nei campi magnetici interplanetari con conseguenti fenomeni endogeni ad essa legati, verificantisi un poco prima o dopo il momento della congiunzione o dell'opposizione planetaria. Quindi si parlerà non solo di variazioni geomagnetiche solari diurne, lunari e ionosferiche, ma anche di variazioni planetarie. Avremo quindi onde mareali luni-solari, geomagnetiche e planetarie, quindi maree atmosferiche con conseguenze crostali esercitate dall'azione gravitazionale dei maggiori pianeti del sistema solare.

La legge alla base del fenomeno fisico della marea afferma che in nessun luogo sulla superficie terrestre la forza di gravità su di un oggetto - che è il suo peso - è esattamente uguale per intensità, direzione e verso alla forza centripeta - dovuta alla rotazione terrestre - che agisce necessariamente su quell'oggetto.

La differenza tra queste forze, in un punto qualunque, costituisce la forza generatrice di maree in quel punto; e l'insieme di queste differenze su tutta la Terra sta alla base dell'intera attività mareale.

Parte II
Stato dell'arte

II.1 Introduzione

Il 1980 fu un anno che lasciò un ricordo doloroso negli animi di tante persone. Nel 23 novembre di quell'anno si verificò, infatti, una scossa di terremoto molto forte nella regione Irpino - Lucana. Ancora oggi, quantunque sia stata varata la legge 219 che ha permesso la ricostruzione in tali zone, i segni lasciati da quel terribile evento sono evidenti sia nella comunità sia nello sviluppo economico-sociale di tutti i paesi che furono devastati.

Ma quell'anno fu anche l'inizio di una laboriosa ricerca, di una svolta decisiva che la scienza che studia i terremoti e tutte le altre catastrofi naturali, avrebbe preso su un argomento sempre sperato nell'ambito della comunità scientifica: la previsione dei terremoti.

II.2 Teorie sulla previsione di un sisma

In quel periodo l'ipotesi dell'esistenza di una forte correlazione tra gli eventi sismici e il vulcanesimo era la più accreditata. Lo studio gravitava attorno al Mercalli, scienziato che classificava il terremoto come un fenomeno vulcanico. Da tale ipotesi si sviluppò un metodo di previsione statistica per i fenomeni endogeni. Con tale metodo, che tiene conto degli anni intercorrenti tra i terremoti e le eruzioni del vulcano situato nella regione che interessa esaminare, venne fuori una previsione su quando il terremoto o un'eventuale eruzione del Vesuvio si sarebbero dovuti verificare.

Dallo studio del legame che sembra esistere tra terremoti ed eruzioni ne scaturì che molti terremoti perimetrici si erano verificati in concomitanza con alcune principali eruzioni del Vesuvio o dell'Etna. Si venne poi a conoscenza che secondo alcuni studi sulle eruzioni vulcaniche del Vesuvio e del monte Lamington era risultato che vi era una maggiore concentrazione degli episodi eruttivi durante le maree di sizigie e che quindi le lave rispondevano a tali forze mareali.

Addirittura alcuni tipi di lave, come quelle basaltiche, risultavano sensibili anche alle maree di quadratura. Un'accentuazione dei fenomeni eruttivi si sarebbe verificata anche nei periodi in cui massima è l'ampiezza della componente semiannuale solare, cioè il 22 aprile ed il 21 ottobre; e quando la luna è in perigeo, cioè ogni 8 anni e 10 mesi.

Da tali studi e dai relativi calcoli, ne risultò una previsione che si avvicinava notevolmente a quella ottenuta dall'esame dell'ipotesi del collegamento sismicità-vulcanesimo.

Queste ultime osservazioni portarono all'idea che anche le zolle e le relative faglie, come il magma dei vulcani, potevano essere interessate da fenomeni planetari.

Si instaurò in seguito una collaborazione tra l'autore ed alcuni ricercatori dell'Ateneo napoletano che porto' alla stesura di alcune utili ricerche.

La prima ricerca, riguardava lo studio dei parametri meteorologici del Bacino del Mediterraneo. Furono graficizzati: i dati pluviometrici medi degli anni 1949- 1987; i dati relativi alla temperatura media, e quelli relativi alla pressione e alla velocita' del vento. Da tale studio ne e' risultato che la temperatura e le precipitazioni seguono i cicli della mas-

sima attivita' solare. I due grafici, inoltre, risultano quasi esattamente opposti. Si intraprese poi una ricerca sui maggiori corsi d'acqua italiani. Si presero in esame le portate annue in mc/sec. e si graficizzarono. Tale operazione venne fatta per il Po, l'Adige, il Tevere e l'Arno. Parallelamente venne graficizzato il livello medio del mare di Trieste misurato in cm. Ne usci' fuori una correlazione: Portate Po-MSL Trieste. Graficizzando anche l'MSL di Genova, il risultato, inatteso, fu che il grafico di Genova era correlato sia al grafico del Po, sia a quello relativo al MSL di Trieste. L'aspetto più interessante era la correlazione esistente tra l'andamento del Po ed il livello del mare di Genova. Una spiegazione a tale legame era che la crescita del mare, praticamente, provocava l'innalzamento del corso d'acqua. Fisicamente è spiegabile l'aumento dell'altezza idrometrica di un fiume dovuto ad un aumento del MSL. La ricerca si fermò quando si constatò che le portate erano misurate in mc/sec. e ciò rappresenta un parametro relativo alla velocità di un fiume. Si potè continuare soltanto quando si seppe che l'ufficio Idrografico ottiene le portate dalle misure delle altezze idrometriche tramite dei coefficienti di conversione. Per far compiere un ulteriore passo a tale ricerca, si aggiunse ai due grafici, rispettivamente delle portate e delle altezze idrometriche del Po, un grafico rappresentativo dell'afflusso meteorico.

Operando in tale senso venne fuori un'altra correlazione e cioè che anche l'afflusso meteorico seguiva gli andamenti delle portate e delle altezze idrometriche. Due quindi potevano essere i parametri che provocavano l'aumento dell'altezza idrometrica del corso d'acqua: la pioggia o il mare.

Si pensò, quindi, di studiare il comportamento del MSL di Trieste (o di Genova) e delle portate del Po durante i mesi estivi (giugno-luglio-agosto). In prima analisi i due fenomeni non sembravano correlati. Era forse la pressione che faceva sentire il suo effetto sia sul MSL sia sul fiume Po che, se visto da tale punto, sono sì due fenomeni fisicamente indipendenti, ma non analiticamente (i grafici che rappresentano l'analisi matematica sono infatti correlati). Si filtrò quindi la pressione di Genova dal MSL, sempre di Genova (che è un bacino geologicamente stabile). L'andamento migliorava, il segnale rimaneva.

La cosa più interessante era che anche il Po seguiva il MSL di Genova filtrato dalla pressione. Tale risultato fece capire che la pressione aveva il suo ruolo, ma c'era sicuramente qualche altra influenza.

Si trovò poi un'altra correlazione: i mari di Genova e di Trieste avevano lo stesso andamento (da tenere presente che i due mari, essendo bacini stabili, si presero come rappresentativi di tutto il Mediterraneo). Per confermare o rifiutare l'ipotesi che il mare controllava i fiumi vennero fatti degli studi rispettivamente sul MSL del Mediterraneo reale e corretto dalla pressione atmosferica e sul MSL di Genova sempre reale e corretto dalla pressione, da cui si venne a trovare che il MSL filtrato dalla pressione rimaneva correlato sia al MSL reale, sia all'andamento del Po.

Si continuò tale ricerca mostrando se esisteva correlazione tra l'altezza idrometrica del Po (nel punto più vicino alla foce) e l' MSL di Trieste, anche questo corretto dalla pressione atmosferica nei mesi estivi, quindi si venne a trovare che i due grafici rimanevano correlati. Alla fine la ricerca portò alla conclusione che era la pioggia a controllare sia il mare che i fiumi; o meglio: il mare controllerebbe i fiumi, mare e fiumi a loro volta crescono per l'aumento delle precipitazioni.

Filtrando, infatti il MSL (filtrato dalla pressione) dalla pioggia, il segnale rimaneva ed era ancora più chiaro.

Da tale ricerca, sui maggiori corsi d'acqua, si pervenne anche al fatto che il Po influenza sia la stazione di Venezia che Bakar in Jugoslavia e che, cosa questa che ha rivestito una notevole importanza scientifica, le portate, gli afflussi meteorici e le altezze idrometriche mostrano delle ottime correlazioni, se non perfette, con il ciclo delle macchie solari. Soprattutto gli afflussi meteorici, quindi le precipitazioni, mostrano una tendenza 22-ennale.

Tale correlazione (con la massima attività solare) resta per il Po dal punto più lontano a quello più vicino alla foce. La correlazione portata-afflusso meteorico-massima attività solare si venne a trovare anche per l'Adige, l'Arno, il Tevere e ultimamente sul Volturno e sul Liri-Garigliano, ciò nei punti più vicini alla foce. Anche le portate massime al colmo, cioè le piene dei suddetti fiumi, sono correlate con i massimi dell'attività solare.

Inoltre i diversi parametri meteorologici del bacino del Mediterraneo sono correlati con l'attività delle macchie solari. I ricercatori geofisici hanno inoltre dimostrato che nello strato di ozono, la debole eccitazione esterna solare viene trasformata in sorgente efficace a produrre variazioni di temperatura nella bassa troposfera. La presenza reale del ciclo

solare nei valori della temperatura dell'aria, ha condotto alla ricerca dello stesso ciclo nella temperatura e quindi nel livello del mare che risente sia di variazioni termiche sia della deglaciazione. Tale studio ha mostrato la presenza del ciclo delle macchie solari sul MSL Mediterraneo.

Si è anche evidenziata una significativa diretta modulazione undecennale dell'attività sismica da parte dell'attività solare, attraverso la coerente variazione dell'attività geomagnetica con un relativo effetto magnetostrittivo sulle rocce crostali. E' stato previsto inoltre per l'aumento del MSL del bacino del Mediterraneo, quindi in genere dei mari, un rallentamento della rotazione terrestre con un conseguente aumento della lunghezza del giorno e come concausa, un raddoppio nel numero dei terremoti catastrofici a scala mondiale e di quelli più intensi a scala italiana, con il verificarsi dei massimi di attività solare. Ad un massimo dell'attività solare corrisponde, infatti, un aumento nel numero dei terremoti.

Tali ricerche hanno permesso di ottenere un'onda annuale per i terremoti nel senso che gli anni che comportano una maggiore sismicità sono quelli di massima attività solare.

Si è pensato di trovare una correlazione tra attività sismica e parametri meteorologici. Sono stati graficizzati: l'attività solare, geomagnetica, sismica, l'MSL di Genova, l'MSL di Trieste, i parametri meteorologici riguardanti i maggiori corsi d'acqua italiani, come già detto.

Tutti i grafici mostrano correlazione con l'attività solare. Per tale risultato si è pensato di estrapolare un'onda stagionale per i terremoti. Prima di parlare di tale studio e di quelli che sono seguiti è necessario chiarire che il risultato

cui si pervenne, e cioè che l'attività sismica era collegata a quella delle macchie solari e che quindi era il Sole che contribuiva all'innesco di eventi sismici, fu una conferma del fatto che il verificarsi di un terremoto potesse essere un fenomeno legato a cause di natura esogena.

Durante tale periodo, rifacendosi alla letteratura geofisica, si apprese che nel 1920 Bendandi aveva formulato una teoria sismogenica che permetteva di prevedere terremoti e movimenti endogeni in generale. Tale teoria presumeva che il fenomeno tellurico si produceva quando i maggiori pianeti del sistema solare si trovavano in congiunzione — o in opposizione — tra loro. Appariva quindi reale la relazione terremoti- fenomeni planetari.

Ritorniamo adesso alla ricerca svolta per ottenere l'onda stagionale dei terremoti. Analizzando i dati si è arrivati alle seguenti conclusioni:

1) L'analisi fatta tra sismicità, variazioni climatiche (A e B pressione, variazioni umidità relativa e nuvolosità), variazioni delle altezze idrometriche dei maggiori corsi d'acqua e variazioni del livello medio del bacino del Mediterraneo (MSL), ha mostrato una tendenza per la correlazione sismicità-variazioni climatiche e idromareografiche nei mesi di Giugno e Novembre.
   Tale correlazione corrisponde ai picchi di variazione nel MSL Mediterraneo e a quelli relativi alle portate dell'Adige e del Po negli anni di massima attività solare (1928, 1937, 1947, 1957, 1968);

2) Prendendo in esame soltanto le frequenze mensili dei terremoti italiani, i picchi massimi si registrano nei mesi di Gennaio e Maggio.

I mesi di Novembre e Gennaio sono compresi nel quadrimestre Ottobre - Gennaio, in cui si verificano solitamente oltre il 50% delle precipitazioni annue. Inoltre: a Novembre il mare è più alto perchè si hanno maggiori precipitazioni e minore evaporazione; nel mese di Gennaio si registra un valore massimo per la pressione atmosferica del bacino del Mediterraneo, e infine il livello medio del Mare Mediterraneo presenta un minimo a Marzo ed un massimo a Novembre.

Gli alti valori che si registrano nei mesi di Maggio e Giugno, rappresentano i picchi dell'onda semi-annuale. Da tenere presente anche che ad Aprile si registra il valore minimo per la pressione atmosferica del bacino del Mediterraneo. Nel mese di Giugno si ha anche il solstizio d'estate (21/6). Appare quindi reale l'ipotesi che variazioni meteorologiche ed oceanologiche, quali quelle legate ad una maggiore piovosità, ad una massima o minima pressione atmosferica, al sollevamento e variazione del livello medio del mare (fenomeno legato al passaggio di A e B ed all'aumento della temperatura dovuto al ciclo undecennale) e ai solstizi (periodi in cui le maree sono minime, ma la declinazione della Terra è massima, ed è massima la radiatività), inneschino, o meglio, rendano più alta la probabilità dello scatenarsi di eventi di natura sismica.

Se in tali mesi vengono a sommarsi fenomeni mareali gravitazionali triggerati da sizigie, lune perigee, opposizioni - o congiunzioni - dei maggiori pianeti del sistema solare,

c'è "quasi" la certezza matematica dell'innesco di eventi sismici.

E' da considerare, quindi, l'affermazione: "*l'avvertimento dato dal livello del mare e dagli stress mareali è consigliabile*". L'esempio più eclatante ci è dato dal bradisismo di Pozzuoli: "*la ricorrenza del rapido sollevamento del suolo* — 1969 e 1982 — *fu preceduto da un lungo periodo di crescita della massa oceanica, che può quindi fornire un primo avvertimento. L'ampiezza lunare maggiore nel numero delle scosse nel 1983, indica che l'equilibrio era diventato così delicato da divenire estremamente sensibile alle eccitazioni esterne*".

* * *

Grafici di sintesi
64
65

GRAFICO 1
Livello medio del mare Mediterraneo (da Genova e Trieste)
cm.
710
705
700
695
690
1949
1955
1961
1967
1973
1979
1985
anni
GRAFICO 2
Livello medio del mare Mediterraneo corretto dalla pressione atmosferica
cm.
720
718
716
714
712
710
708
1949
1955
1961
1967
1973
1979
1985
anni
66
67

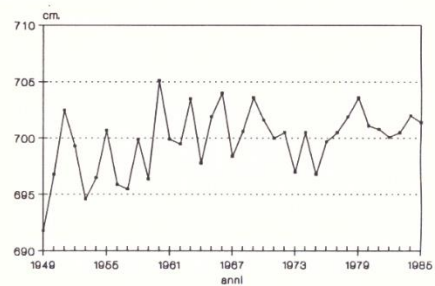
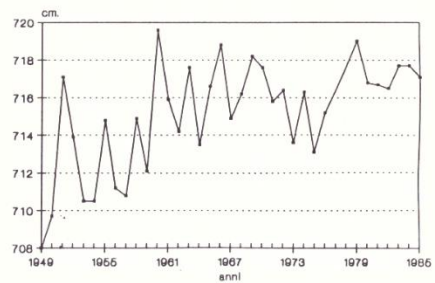



GRAFICO 3

Livello medio del mare di Genova

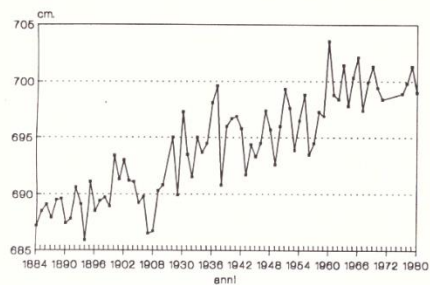



GRAFICO 4

Livello medio del mare di Genova corretto dalla pressione atmosferica

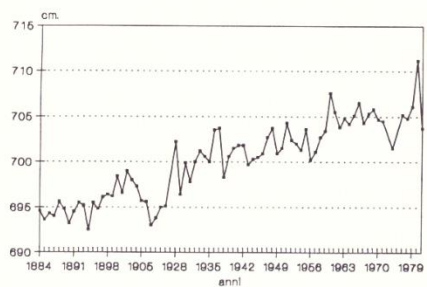



GRAFICO 5

Portata del fiume Po (Stazione di Pontelagoscuro) a 91 km dalla foce

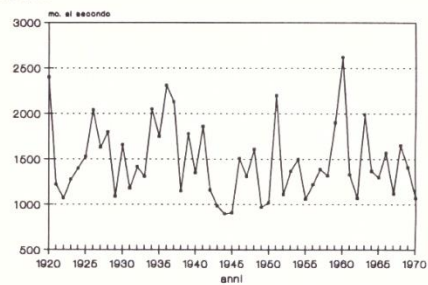



GRAFICO 6

Portata del fiume Adige a 51 km dalla foce

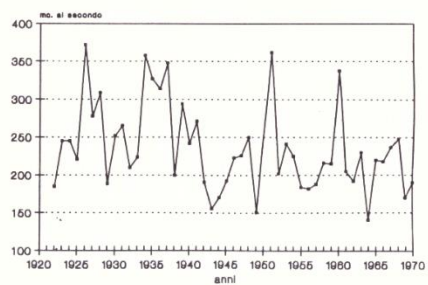



GRAFICO 7

Portata del fiume Arno a 37 km dalla foce

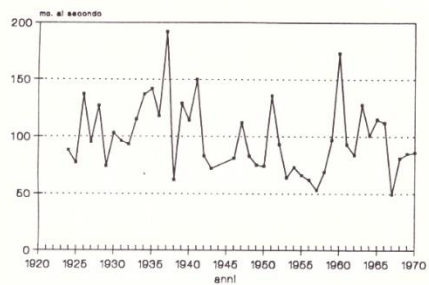



GRAFICO 8

Portata del fiume Tevere a 43 km dalla foce

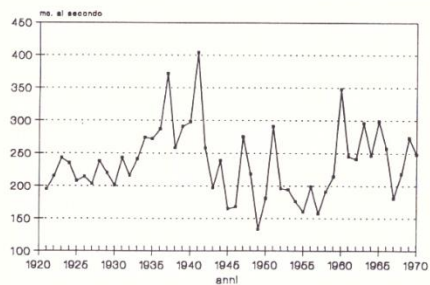



GRAFICO 9

Portata massima al colmo del fiume Adige

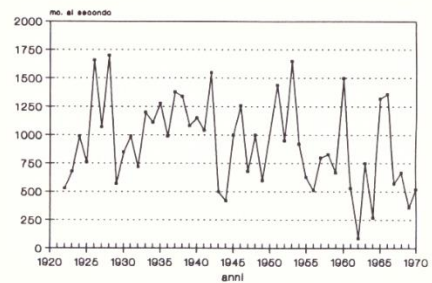



GRAFICO 10

Portata massima al colmo del fiume Po

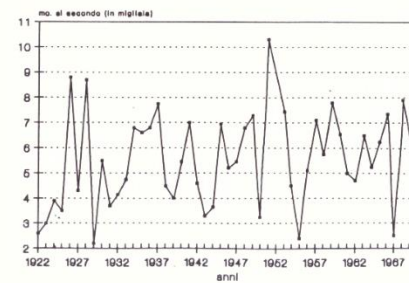



GRAFICO 11

Portata massima al colmo del fiume Arno

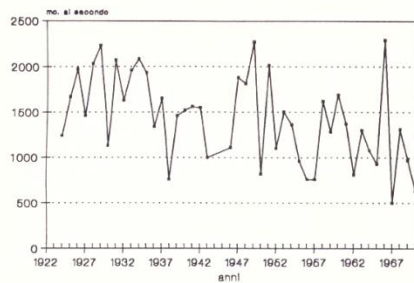



GRAFICO 12

Portata massima al colmo del fiume Tevere

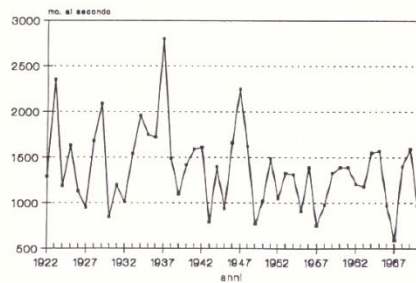



GRAFICO 13

Afflusso meteorico del fiume Po

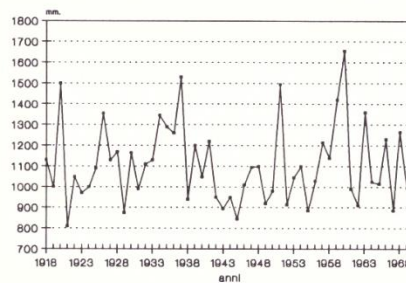



GRAFICO 14

Afflusso meteorico del fiume Adige

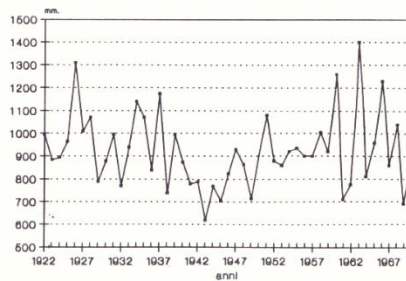



GRAFICO 15

Afflusso meteorico del fiume Tevere

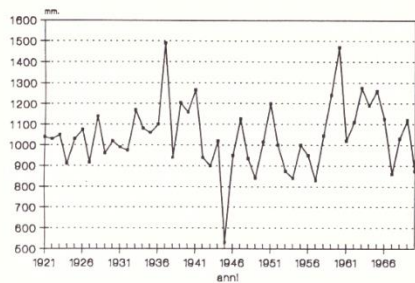



GRAFICO 16

Afflusso meteorico del fiume Arno

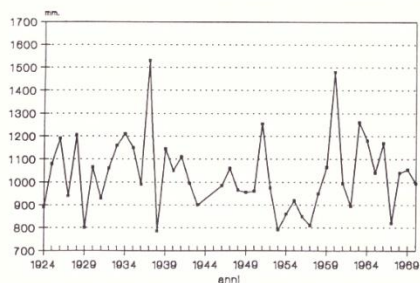



GRAFICO 17

Livello del mare di Trieste nel trimestre solstiziale

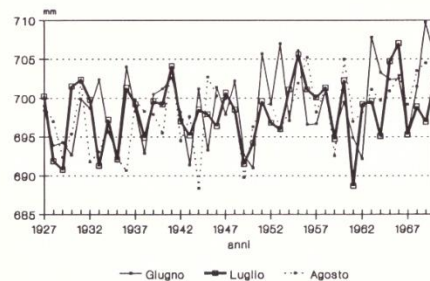



GRAFICO 18

Livello del mare di Trieste corretto dalla pressione atmosferica nel trimestre solstiziale

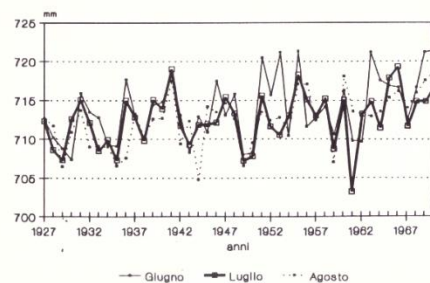



GRAFICO 19

Portata da altezza idrometrica del Po nel trimestre solstiziale

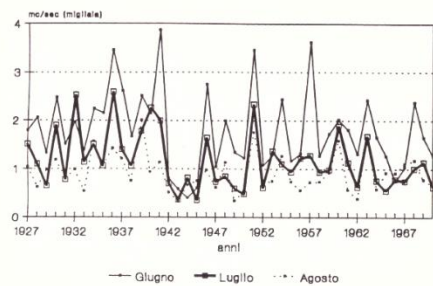



GRAFICO 20

Pressione atmosferica media del bacino del Mediterraneo

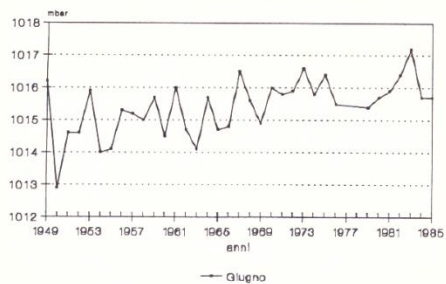



GRAFICO 21

Temperatura media (in °C) del bacino del Mediterraneo

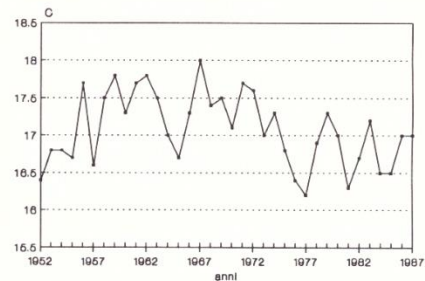



GRAFICO 22

Pressione atmosferica (mbar) e precipitazioni (mm.) medie del bacino del Mediterraneo

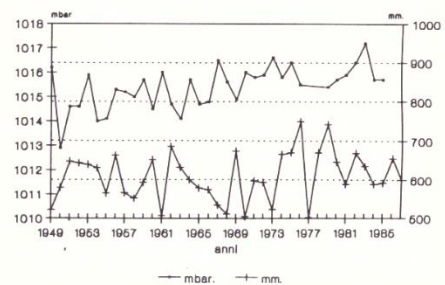



GRAFICO 23

Numero terremoti di magnitudo ≥ 7,5 (N.O.A.A. 1897-1951)

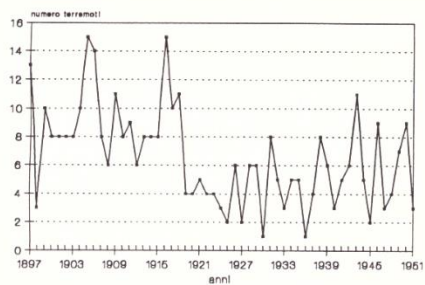



GRAFICO 24

Numero terremoti correlati a congiunzioni di Venere e Giove

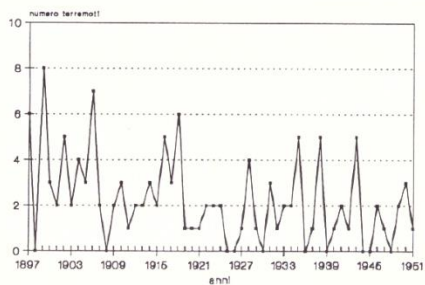



GRAFICO 25

Numero terremoti correlati a congiunzioni di Venere e Giove e a periodi di massime maree, massima ampiezza componente semiannuale solare e solstiziali

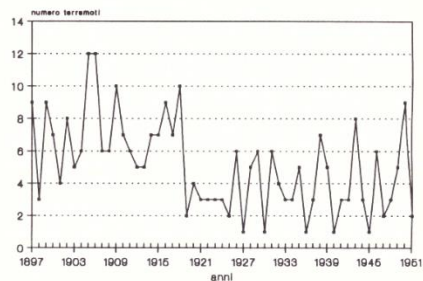



GRAFICO 26

Attività solare (numeri di Wolf = SQR numero di macchie solari)

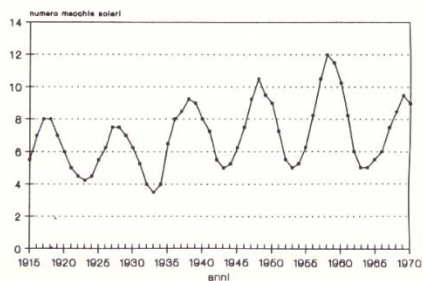
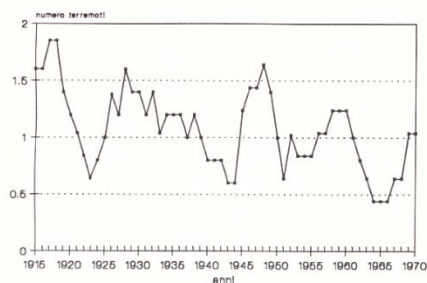



GRAFICO 27

Attività sismica (SQR numero eventi sismici)

Anche le variazioni delle correnti elettriche circolanti nel suolo, variazioni indotte dalle variabili correnti ionosferiche, provocano i terremoti. Le faglie, infatti, per effetto magnetostrittivo, provocato da induzioni elettriche e/o magnetiche, variano la loro grandezza producendo sismi. Se le rocce (e le faglie) mostrano variazioni di grandezza, una volta messe a contatto con un campo magnetico della stessa intensità, o poco più, di quello terrestre (esperimento condotto da alcuni ricercatori dell'Università La Sapienza), anche la massa d'acqua oceanica potrebbe subìre variazioni di volume, quindi sollevamento, nel momento in cui viene investita da tempeste magnetiche. Ricordiamo, inoltre, che la terra nella parte solida e liquida, quindi nell'atmosfera, è sede di correnti elettriche.

Le aree equatoriale, tropicale e quelle che vanno dal 15° al 45° parallelo sono fortemente fagliate. Qui l'intensità delle correnti ionosferiche è maggiore. Tale intensità aumenta, inoltre, con l'attività solare. L'effetto magnetostrittivo e la variazione di volume del MSL provocata da induzioni elettriche e/o magnetiche sono un ulteriore causa della forte sismicità in tali aree. Le correnti elettriche esistenti nell'atmosfera sono correlate con la posizione del Sole ed anche in parte con la Luna. Esistono invero variazioni geomagnetiche solari diurne - lunari e ionosferiche, prodotte cioè dalle varie attività fisiche connesse con i rapporti Sole-Terra, Luna-Terra e ionosfera-Terra. La Luna ed il Sole, infatti, tramite l'attrazione gravitazionale provocano le maree amosferiche, quindi spostamenti di particelle ionizzate.

Anche l'aria è un fluido e come tutti i fluidi deve rispondere alle più piccole forze orizzontali. Per gli effetti di marea nell'atmosfera nel barometro si formano onde di marea atmosferiche. Alle lente variazioni che accompagnano l'avvicendarsi di zone di alta e bassa pressione, si sovrappongono cambiamenti di pressione irregolari per tempo ed intensità. Nel grafico tracciato da un barografo ci sono anche gli effetti di marea, per scoprirli bisogna separare il segnale (gli effetti di marea) dal rumore (il grafico completo). Il problema è affrontato con il metodo dell'analisi armonica. Con tale metodo i risultati dedotti dalle osservazioni barometriche in stazioni vicine all'Equatore, hanno mostrato variazioni della pressione barometrica di una periodicità corrispondente a certi ritmi di marea. Ecco come le prevedibili correnti ionosferiche diventano forti precursori sismici. Ricapitolando:

Una frequenza mensile dei terremoti sembra essere legata alla salita del MSL, un'altra, relativa alle scosse solstiziali, alle correnti ionosferiche indotte. Infatti variando il grado di ionizzazione con la quota, con l'ora e con la latitudine, d'estate esso aumenta. Ecco come le estati e gli equinozi (in cui il Sole muovendosi sull'eclittica si trova esattamente sull'Equatore Celeste) specie di quegli anni di massima attività solare, sono periodi in cui la frequenza delle tempeste magnetiche, generatrici di fenomenologie endogene, aumenta.

Studiando la durata e l'intensità di alcuni periodi di iperattività solare, il sismologo autodidatta faentino R. Bendandi aveva notato che essi presentavano in determinate epoche valori diversi dal previsto, praticamente un'intensità molto maggiore. I fenomeni si ripetevano puntualmente ogni 25

giorni 19 ore e 57 minuti, cioè ogni volta che un supposto decimo pianeta compiva un'intera rivoluzione attorno al Sole. L'esistenza di un decimo pianeta che gira intorno al Sole e che ad un certo punto della sua rivoluzione, viene a sommare la sua forza di attrazione gravitazionale a quella dei pianeti Giove, Terra, Venere e Mercurio, produce un corrispondente e proporzionale aumento di attività sulla nostra stella. Se gli allineamenti planetari oltre a produrre macchie ed altre forme di attività del Sole, generano indirettamente sulla Terra violente tempeste magnetiche le quali possono agire come meccanismo di triggering di eventi sismici, allora è ragionevole dedurre che come il periodico ciclo undecennale sia favorevole al verificarsi di eventi magnetici - e sismici - i momenti di congiunzione - e opposizione - dei maggiori pianeti siano date probabili all'innesco di tali fenomenologie.

Il luogo interessato dagli eventi sismici sarà quello dove viene a cadere la risultante delle forze planetarie. Viene però da chiedersi: se tale risultante cade in una zona priva di faglie dove si produce il terremoto? Il punto interessato dalla risultante planetaria sarà quello emisferale opposto a quello asismico.

Diamo ora una spiegazione sui calcoli che sono stati svolti sui dati planetari che hanno portato alla prova della possibile localizzazione di un evento sismico. Di ogni fase planetaria viene considerata l'ascensione retta dei pianeti, che è la distanza angolare misurata sull'equatore celeste in senso antiorario a partire dal punto gamma della sfera celeste (punto descritto in ogni Almanacco di Astronomia), fino all'in-

tersezione sull'equatore celeste del circolo massimo passante per il polo celeste e l'astro (circolo orario).

L'ascensione retta viene data in ore, minuti e secondi, quindi per conoscere l'angolo si dovranno convertire le ore in gradi. Il risultato di tale calcolo se è uguale ad un angolo minore di 180 andrà sottratto al valore di 180, al valore di 225 se è poco maggiore di 180, al valore di 270 se è molto maggiore di 180, al valore di 360 se supera i 270. L'angolo che risulta da tale differenza è quello corrispondente alla latitudine cercata.

Si notò in seguito che per una qualunque ascensione retta di un pianeta, continuando a sottrarre secondo il metodo citato, si ottiene un angolo di bisezione (cioè un angolo diviso in due) uguale a 45, cioè una latitudine per così dire fissa. Conseguentemente si pensò di verificare quali regioni della Terra fossero comprese in tale latitudine. Tali aree, si vide, sono interessate da una notevole attività endogena; corrispondono quindi a zone in cui sono presenti faglie e formazioni vulcaniche recenti o antiche. Di conseguenza il calcolo che porta alla latitudine "fissa" di 45 è indice che i più disastrosi fenomeni tellurici, provocati dalle forze di attrazione planetaria, si producono laddove vi sono zone geologicamente attive, come del resto era logico attendersi.

Secondo un'altra affermazione fatta dal Bendandi tutta l'immensa mole della Terra andava assoggettata ad una periodica deformazione dovuta ad un perturbamento planetario e, come conseguenza immediata, i fenomeni sismici avrebbero dovuto prodursi, come del resto l'osservazione rivela, durante qualunque fase lunare.

Afferma il prof. T. Cantalupi che: «*Non deve sorprendere che sismi di notevole intensità abbiano sulla Terra frequenze (intensità) così elevate, in quanto, a differenza di quanto si può credere, le fasi astronomiche potenzialmente in grado di produrre forti terremoti sono numerosissime*».

Sono infatti ottanta le variabili luni-solari fisse generatrici di marea. Tale affermazione riveste una notevole importanza, per il perfezionamento della ricerca volta alla previsione dei terremoti. Sarà di grande interesse la conoscenza di tali variabili e, il che è molto simile, raffrontare le date ed i luoghi dei terremoti con quelle degli angoli orari lunari.

Il fatto che i fenomeni che precedono un terremoto quali ad esempio la gravezza atmosferica, il caldo eccessivo, l'apparazione di *travi di fuoco*, scintillii, aurore boreali, abbassamenti barometrici eccetera sono provocati da efflussi di elettricità, potrebbe avvalorare l'affermazione fatta poc'anzi che le tempeste magnetiche (veri e propri efflussi di elettricità) possano triggerare eventi di natura sismica. Un metodo per prevedere tali tempeste potrebbe essere il seguente. Ci sono anzitutto periodi favorevoli al verificarsi di esse, come durante il ciclo undecennale dell'attività solare; il momento in cui esse possono verificarsi si potrà ricavare analizzando le variazioni di un'onda barometrica. Cioè ogni qualvolta il barometro mostra una variazione brusca, ancora meglio se in un periodo critico quale quello del ciclo undecennale, si potrebbe pensare che si stia per avere una tempesta magnetica. La realtà dell'ipotesi scaturisce soltanto confrontando i due grafici: quello delle variazioni barometriche in B e A e quello della periodicità sismica giornaliera.

Anche la Luna gioca il suo ruolo nella produzione dei terremoti, in quanto le maree da essa prodotte interessano anche la Terra (maree solide o terrestri). I ricercatori dell'Università di Napoli hanno anche notato che i terremoti dell'Appennino sono più facilmente innescati quando vi sono maree di sizigie. Ma, come già detto, anche i maggiori pianeti del sistema solare, quando si trovano in particolari posizioni (congiunzioni, opposizioni, quadrature e angoli orari particolari con la Terra) contribuiscono allo scatenarsi di sismicità.

Da quanto è stato detto sembra che possa sorgere una contraddizione e cioè: le variazioni meteorologiche (portate e afflusso meteorico, cioè precipitazioni, max, temperatura, aumento MSL, ozono ecc.) possono essere precursori di fenomeni tellurici ed esse stesse possono facilitare l'innesco di sismicità, o le particolari posizioni che assumono i maggiori pianeti del sistema solare sono la causa che provoca la rottura dell'equilibrio? Da questa antitesi si viene fuori solo concludendo che le particolari posizioni planetarie, cioè le perturbazioni gravitazionali di tali corpi celesti, influenzano sia gli eventi meteorologici, sia quelli endogeni e che in anni di particolari attività come quella del ciclo delle macchie solari, tali fenomenologie assumono proporzioni maggiori quindi maggiore diviene il rischio geodinamico.

Abbiamo detto che le precipitazioni presentano un massimo con il verificarsi del massimo dell'attività solare. Tale parametro meteorologico può essere quindi considerato un precursore sismico. Infatti: "*poichè le maggiori precipitazioni sono associate ai temporali, si è investigato sulla correlazione fisica tra attività solare e temporalesca. L'accertata significativa e cospicua correlazione tra attività solare e piovosità è stata pertanto spiegata in termini di un più accentuato campo elettrico atmosferico durante le manifestazioni temporalesche*". Come già enunciato la correlazione tra attività solare, geomagnetica e sismica ha portato all'affermazione che la variazione dell'attività geomagnetica provoca un effetto di magnetostrizione sulle rocce e come ciò sia importante per la previsione dei terremoti innescati da tempeste magnetiche. Da ciò consegue, molto probabilmente, che le forti perturbazioni temporalesche, soprattutto quelle relative ad anni di massima attività solare sono correlate a sismicità.

Da quanto fin qui menzionato, sembra sia stato possibile estrapolare, rispettivamente, l'onda annuale e l'onda stagionale degli eventi sismici. Gli anni critici, infatti, sono quelli di massima attività solare, mentre i periodi più critici quelli in cui si verificano maree luni-solari e perturbazioni gravitazionali planetarie. Tale studio non basta però per stabilire dove un terremoto colpirà e non soltanto quando. Il problema dell'epicentro quindi del Continente e della regione colpita, è quello che verrà affrontato qui di seguito.

La prima idea riguardo la ricerca svolta per la determinazione del continente interessato dal sisma, è stata quella di analizzare un certo numero di eventi sismici ravvicinati temporalmente. E' risaputo che la superficie terrestre è simile ad un mosaico le cui parti si chiamano zolle o placche. Le principali placche del pianeta sono sedici, mentre è ancora sconosciuto il numero di quelle più piccole. Le principali zone di subduzione di tali zolle sono le seguenti: Zolla pacifica sotto Euroasiatica, Zolla pacifica sotto Indiana, Zolla Cocos

sotto Nordamericana, Zolla pacifica sotto nordamericana, Zolla indiana sotto Euroasiatica, Zolla sudamericana sotto Scozia, Zolla sudamericana sotto la Caraibica, Zolla africana sotto Euroasiatica, Zolla pacifica sotto Zolla Filippine, Zolla araba sotto Euroasiatica, Zolla Filippine sotto euroasiatica, Zolla nazca sotto Sudamericana. In tali zone di subduzione, le zolle convergono ed una delle due sprofonda al di sotto del margine avanzante dell'altra. Gli altri due tipi di limiti tra le zolle sono: 1) Assi di dorsali, ove le zolle divergono e si genera nuova crosta; 2) Faglie trasformi, ove le zolle slittano l'una accanto all'altra. Riguardo le dorsali (in cui trovansi anche tratti di faglie trasformi) sono da menzionare: dorsale dell'oceano Indiano sud orientale, dorsale Pacifico-antartica, dorsale est-pacifica, dorsale del Cile, dorsale Reykjanes (Islanda), dorsale medio-atlantica, dorsale atlantico-indiana, dorsale Carlsberg. Per le faglie trasformi: quella di San Andreas e quella Anatolica.

L'ipotesi era che non a caso un terremoto si verificava per esempio in Italia, poi in Asia e poi ancora in America, vi doveva essere qualche meccanismo ancora poco noto di cui bisognava tenere conto nella teoria della deriva dei continenti. Lo studio venne eseguito sulla zolla africana, sulle zolle americane e su quelle euro-asiatica e indo-australiana. Il ragionamento era il seguente: se un terremoto derivava dal movimento della zolla africana sotto quella euro-asiatica, si sarebbero verificate conseguenze (squilibri), quindi probabili terremoti, anche per i movimenti delle zolle adiacenti e cioè quelle sud-americana e nord-americana, situate alla sinistra e quelle euro-asiatica e indo-australiana, situate alla destra. Ciò

risultava dalla supposizione che il mosaico delle zolle era interamente collegato, bastava quindi un movimento brusco, una rottura, di un "pezzo" del puzzle, per provocare dei conseguenti riflessi negli altri "pezzi" di cui esso era costituito.

E' noto che il mantello del nostro globo terracqueo reca numerose faglie, talune molto prolungate ed altre meno. Le più prolungate sono di conseguenza, le più profonde. Tra zolle e zolle che compongono il mantello, ve ne sono di inattive e queste sono la maggioranza e si dicono astenosferiche; ve ne sono altre attive che si dicono litosferiche. Fra queste zolle si formano i vari tetti che quando cadono producono terremoti tettonici, sviluppando una determinata energia che viene misurata in magnitudo. A secondo della disposizione delle zolle che formano il tetto, in caso di terremoto, l'attività da esse liberata ha un'intensità che si propaga per tutto il globo, ma essa è maggiore in determinate direzioni che se vanno ad interessare altre zolle in posizione critica, queste ultime producono terremoti che seppur da ritenersi a se stanti sono conseguenza del precedente movimento tellurico.

E' così che si verificano dei terremoti a catena, cioè l'uno dietro l'altro in zone diverse, quindi in tutte quelle che sono interessate dalla maggior energia direzionale, che è quella dovuta alla posizione delle zolle che hanno prodotto il primo terremoto. Tale energia ha per fili conduttori le grosse faglie come ad esempio quella che dal Marocco e dalla Sicilia risale tutta la Penisola seguendo grosso modo il contorno dell'Appennino, passa sotto le Alpi orientali e poi attraverso la Serbia, la Croazia, la Slovenia, il Montenegro, la Bosnia e l'Erzegòvina, giunge fino in Grecia ed in Turchia.

E' attraverso queste faglie che potrebbero intravvedersi diverse corrispondenze sismiche fra tutte le località più a rischio delle predette zone.

L'azione luni-solare è fondamentale per spiegare il meccanismo di triggering nei terremoti, ma non è questa la sola componente che provoca la definitiva rottura dell'equilibrio. Vi sono sempre delle altre forze esterne che si aggiungono a quelle mareali lunari. Queste, ripeteremo, sono i periodi equinoziali e solstiziali, di massima ampiezza della componente semiannuale solare e di opposizione o congiunzione dei maggiori pianeti del sistema solare. Quando tali forze sono cospiranti ha luogo un "periodo sismico" che sembra obbedire alla tesi della "interazione zolle adiacenti". La difficoltà risiede nella conoscenza di quale sia la prima zona interessata dalla "sequenza sismica".

Per il mese di Dicembre 1989 si è riusciti a prevedere quale sarebbe stata la prima zona colpita dalla sequenza endogena. Il periodo critico era atteso per la fine del mese. Sin dai primi giorni di tale mese si sono verificate anomalie molto spiccate per la penisola italiana dei vari parametri metereologici, riguardanti la pressione, la temperatura, le precipitazioni e il tasso di umidità. Difatti alla fine della prima settimana di dicembre, verso il giorno 8-9 si sono avute giornate molto nebbiose, con A (alta pressione) 1030 Mb, e forti precipitazioni. Riguardo la pressione e la temperatura è da segnalare il caldo umido e i 28 ed i 24°C raggiunti rispettivamente da Pescara e dalla Campania. Dopo la seconda decade di Dicembre, precisamente il 27/12, mentre nei giorni di Natale si erano verificate giornate primaverili, si ebbe un'ondata

di freddo. Nevicò in Nord Italia ed anche al Sud, in Sila; a Napoli il 28 dicembre il termometro di mattina segnalava 4°C (in Aspromonte ed in Sila –15°C). Tali fenomeni hanno fatto pensare che si sarebbe verificato uno squilibrio endogeno, conseguente a quello meteorologico. Si è pensato, cioè, che la penisola italiana fosse stata interessata, alla fine di tale mese, da sismicità. La realtà di tale previsione (terremoti verificatisi il 21 dicembre a Rieti - 7° scala Mercalli - ed il 26 dicembre in Liguria e Piemonte - 5° scala Mercalli) lascia ipotizzare come brusche variazioni dei parametri meteorologici possano divenire, o meglio, essere classificate come precursori sismici e come, quindi, possano rendere possibile la determinazione della zona che sta per essere interessata dalle fenomenologie endogene. Per essere certi di tale tesi si è verificato se anche per il passato un considerevole numero di eventi sismici sia stato preceduto (o perlomeno accompagnato) da variazioni meteorologiche.

L'ipotesi della "interazione zolle adiacenti" sembra ottima per stabilire quali siano i continenti colpiti da eventi tellurici. La previsione di un terremoto, però, potrà dirsi completa soltanto quando si potrà affermare con esattezza la regione interessata dal fenomeno e non soltanto la placca. Vi è l'idea che per la previsione regionale si debba seguire la traccia della ipotesi "interazione zolle adiacenti", nel senso che: le faglie potrebbero presentare un comportamento analogo alle zolle che interagiscono tra loro. Il primo passo da fare è quindi la determinazione delle faglie trascorrenti principali che attraversano la nostra penisola. Esse sono: faglia siculo-calabra, che taglia da Ragusa fino alla provincia di

Catanzaro (Nicastro); faglia sicula che taglia da Capo d'Orlando a Taormina, perimetrica (o meglio tangente) all'Etna e alla catena dei Nebrodi; faglia sicula da Palermo a Capo San Marco vicino Sciacca; faglia calabra che taglia da Cetraro (Mar Tirreno) a Sibari (Mar Jonio); faglia campano-lucana-pugliese che taglia dalla penisola sorrentina a Barletta (vicino al golfo di Manfredonia) passando per i vulcani Vesuvio e Vulture; Faglia laziale-molisana-pugliese che taglia da Gaeta al lago di Lésina, passando per il vulcano di Roccamonfina e la catena del Matese; faglia laziale-abruzzese-marchigiana che taglia da Anzio a Macerata, attraversando i complessi vulcanici Laziali, i Monti Sabatini, l'Appennino abruzzese ed umbro-marchigiano. Il fronte di sovrascorrimento dell'Appennino verso Est, va da Policoro in Basilicata (vicino al Golfo di Taranto) a Pavia e dalle Egadi a Messina. Riguardo i lineamenti principali, probabilmente corrispondenti a lunghe fratture, possiamo elencare: la siculo-calabra (parallela alla corrispondente faglia);quella da Santa Maria di Castellabate (in Cilento) alla Capitanata (Foggia); dai Colli Albani a Norcia-Foligno in Umbria; da Livorno-Pisa (Toscana) a San Marino (Emilia Romagna); da Forlì a Vercelli-Chivasso (Piemonte); un'altra da Fiano (Moncenisio, Alpi Graie-Gran Paradiso) - Roccia Melone (Torinese, vicino alla Dora Riparia) ai laghi d'Orta e Maggiore (Como-Lecco-Alpi Lepontine); da Biella (Monte Rosa) al Veneto (Vicenza-Verona-Padova-Monti Euganei e Berici); dai Monti Berici al Friuli (Alpi Carniche) ed infine dalle Alpi Carniche fino in Jugoslavia, vicino alle Dinaric Range.

Tali faglie, fronti di sovrascorrimento appenninici e lunghe fratture, interagiscono tra loro sono cioè collegate, nel senso che, non a caso per esempio un evento sismico si verifica nel Lazio e poi un altro in Liguria-Piemonte, ma per una legge momentaneamente sconosciuta. Per accertarsi di tale modalità si è realizzata un'analisi accurata sul catalogo di terremoti italiano. Dei terremoti esaminati si è cercata la eventuale periodicità regionale. Quindi, non arbitrariamente si ha un certo periodo sismico con un determinato giro regionale in un continente sismico quale la penisola italiana. Una previsione regionale si può attuare tramite osservazioni meteorologiche.

Le spiccate fenomenologie del mese di dicembre '89, soprattutto al centro-sud della nostra penisola, lasciavano possibile ipotizzare che tale zona fosse stata teatro di un evento sismico. Un fenomeno di aurora boreale fu osservato il giorno 21 sulle Alpi della zona friulana. Anche le regioni del Piemonte e della Ligura sono state interessate alla fine del mese da fenomeni sismici come sopra già enunciato. Un altro caso di previsione regionale può essere quello degli eventi sismici verificatisi nei giorni 19-20/10/89 ai Castelli Romani. E' da evidenziare, infatti, che verso le ore 12 del giorno seguente (20/10) si ebbe una pioggia "persistente e diluviale", un temporale a carattere di nubifragio, con raffiche di vento, nella zona napoletana. Da annotare, inoltre, che il giorno 16/10 presentava, riguardo l'attività solare, il numero di Wolf più alto (numero delle macchie solari); il giorno 20 si registrò un "brillamento" eccezionale, fenomeno accompagnato da forti disturbi alle comunicazioni via etere, quindi da tempesta

magnetica. I giorni precedenti al 19-20 vi era stato un tempo caldo-umido (nella regione napoletana).

II.3 Sviluppi delle ricerche e conferma delle ipotesi

La ricerca su un modello di previsione sismica reale ha compiuto circa un mese dopo l'ipotesi "interazione zolle", ancora altri passi che si possono ritenere fondamentali, ed ha visto confermate molte delle ipotesi di cui è costituita.

Abbiamo detto che la previsione effettiva si avrà nel momento in cui si potrà affermare in anticipo non soltanto la placca interessata dal fenomeno sismico, ma anche e soprattutto la regione. E' convinzione di chi scrive che, a parte il citato modello di variazioni climatiche quali fenomeni precursori, la soluzione del problema si celi nell'ipotesi degli squilibri gravitazionali planetari. Conoscendo cioè la data del verificarsi delle fenomenologie planetarie, è possibile conoscere anche le zone interessate dalla sismicità conseguente. Su questa linea di pensiero è stata svolta una statistica sui più forti terremoti (11) registratisi nel 1976. Il metodo, illustrato meglio in seguito, si basa sulla conoscenza delle ore (ore sideree a Greenwich) delle fasi planetarie e dei relativi angoli orari, con cui si sono determinate le longitudini e le latitudini, corrispondenti, con un buon grado di approssimazione, alle zone epicentrali. Riguardo l'onda stagionale e cioè i mesi più a rischio per la sismicità, è utile evidenziare la causa della periodicità estiva nei terremoti.

Anche i solstizi, si è visto, sono periodi favorevoli all'innesco della sismicità: il 21 (o 22) Giugno (Solstizio d'estate), la Terra si trova in un punto della sua orbita tale che il suo asse presenta la massima inclinazione verso il Sole: l'emisfero settentrionale è rivolto verso il Sole, mentre l'emisfero meridionale si trova in una posizione contraria. Sei mesi più tardi, il 21 (o 22) Dicembre (solstizio d'inverno), quando la Terra occupa il punto opposto della sua orbita, l'asse presenta di nuovo l'inclinazione massima rispetto al Sole, ma ora è l'emisfero meridionale che si protende verso il Sole. In tali periodi, la parte della Terra maggiormente irradiata dal Sole, subisce una lieve dilatazione che influisce sulle faglie. Il fenomeno si può chiarire con un semplice esempio. Se si applica un'energia termica di forte intensità come quella di una fiamma ossidrica su di una porzione di vetro, che quindi tende a riscaldare soltanto quella piccola parte, in quel punto il vetro diminuisce di densità e tende perciò a dilatarsi.

D'altro canto le circostanti parti del vetro, non interessate quindi da fonti termiche, tendono a conservare la propria densità.

La dilatanda parte esercita un'azione estensiva, ovvero pressoria nei confronti della parte più fredda. Siccome la parte a temperatura minore ostacola il fenomeno di dilatazione per espansione, data la sua fragilità, finisce con il fratturarsi.

Un ulteriore conferma all'ipotesi del modello di previsione sismica, fu la crisi sismica dei mesi di Maggio e Giugno 1990. Le ipotesi in esame erano: quella relativa all'onda stagionale, che classificava il quadrimestre Ottobre-Gennaio e i

mesi di Maggio e Giugno, come periodi ad alto rischio per l'innesco di eventi sismici; quella dell'interazione zolle adiacenti, che supponeva che le zolle adiacenti quella interessata da un evento sismico possono essere, a loro volta, coinvolte in altri movimenti tellurici, successivi al periodo sismico; quella, infine, delle perturbazioni gravitazionali planetarie quali meccanismo di innesco della sismicità, quest'ultima che legava la sismicità alle posizioni planetarie critiche, favorevoli allo sviluppo di forze di marea.

Il periodo sismico iniziò alla metà del mese di Aprile.

Descriviamo i principali eventi e le correlate fenomenologie geofisiche ed esogene. Il 16/4 scossa di terremoto a Campobasso, in Molise, del 5° M (M indica la scala Mercalli, mentre R quella Richter). Verso l'11/4 si verificò un abbassamento della temperatura, il 12/4 nel Lazio si verificò un'accentuazione del campo elettrico atmosferico (si udirono tuoni molto forti) e il giorno della scossa si verificò un temporale molto forte nella provincia di Frosinone. Il 18/4 la California fu scossa da un terremoto, nello stesso giorno trema la terra in Sannio. Il 22/4 sciame sismico di un settantina di scosse di terremoto nell'arco di dodici ore ancora nel Sannio. Tre eventi di tale sciame raggiunsero il 4-5° M. I segnali premonitori erano stati registrati a partire dal 15-16/4. Si verificò infatti in quei giorni uno stato di allarme per un progressivo movimento che aveva avuto origine nell'ara di Frosinone, quindi in quella della provincia di Isernia e per finire nel Sannio.

Il 24/4 scossa di terremoto in Irpinia del 4-5° M, sentito fino in Abruzzo (Castel di Sangro, Roccaraso), contemporaneamente scosse in Albania. Il 25/4 scossa di terremoto del 4° M nel Beneventano seguita da altri sessanta eventi. Il 26/4 terremoto molto forte, magnitudo 7.5 Richter in Cina Meridionale. Questo terremoto fu un ulteriore conferma all'ipotesi interazione zolle. Difatti il giro fino a questo terremoto fu: Italia, America, Italia ed Asia. In base a tale modalità c'era da aspettarsi che la Penisola italiana fosse nuovamente interessata da fenomeni sismici. Infatti il 30/4 si ebbero terremoti dal 3° al 5° M nel Sannio e il 5/5 una forte scossa di terremoto in Basilicata, nella provincia di Potenza del 7-8° M; ancora l'8/5 ed il 10/5 scosse di terremoto del 4° M a S. Sepolcro, ai confini tra Toscana, Umbria e Marche.

Il terremoto del 5/5 di Potenza fu avvertito in mezza Italia dall'Abruzzo alla Puglia, fino alla Calabria per 20 secondi; interessò quindi il versante adriatico dell'Appennino. La possibilità che si potesse verificare un terremoto forte ma non distruttivo era stata segnalata dall'Istituto nazionale di Geofisica il giorno prima 4/5. Il riferimento era però per la regione del Beneventano dove dal 22/4 si erano verificate una serie di scosse strumentali. L'evolversi di tale fenomeno poteva essere o l'esaurimento o una scossa di potenza maggiore. La scossa che interessò la Basilicata ebbe un'intensità tale che nel Beneventano raggiunse il 6° M ed in tale area si raggiunse il numero incredibile di circa mille scosse, in appena due settimane. L'energia venne sprigionata gradatamente, ed è il caso del Beneventano e con rottura improvvisa come per il caso della Basilicata. La grande faglia geologica che attraversa Basilicata, Campania e Molise e continua lungo

tutto l'appennino fino alle Alpi è stata indubbiamente interessata da movimenti tellurici continui.

Difatti anche nella zona di S. Sepolcro i fenomeni di carattere tettonico dell'8 e 10/5 (una trentina le scosse che in venti ore si registrarono nella zona epicentrale) furono dovuti alla probabile attivazione di una delle tre piccole faglie sottostanti, attivazione collegata con lo scuotimento appenninico verificatosi nei giorni precedenti.

Ritornando al giro di zolle, si ebbe in definitiva: Italia (Lazio, Molise e Sannio), America (California), Italia (Beneventano), Asia (Cina meridionale), Italia (Sannio, Basilicata e confine Toscana, Umbria, Marche). In base all'ipotesi c'era da attendersi che il continente americano e la regione asiatica fossero interessati da fenomeni tellurici. Difatti l'11/5 si verificherà un forte terremoto in Messico del 5°R ed il 30/5 una forte scossa di terremoto del 6°R, durata 45 secondi, interesserà il Perù settentrionale. Tale terremoto fu seguito, poche ore dopo, da una forte scossa in Romania (Moldavia) del 7° R. Il 31/5 si ebbe un altro forte evento sismico in Romania tra i 6.5 ed i 7.5° R. Tale sisma fu avvertito in URSS, Ungheria, Grecia, Turchia, Yugoslavia, Bulgaria, Polonia con epicentro ad una profondità di 100 km sotto i Monti Carpazi. Nello stesso giorno terremoto anche nel Messico meridionale del 6° R, collegabile con lo scuotimento della cordigliera andina avvenuto in occasione del terremoto in Perù. L'epicentro di tale terremoto fu localizzato nell'Oceano Pacifico a 288 Km da Città del Messico.

Il 1/6 una forte scossa si verificò in Giappone, con epicentro nelle profondità marine. Riguardo le fenomenologie

climatiche è da annotare che il 23/5 a Napoli, Roma e Palermo si registrarono 33, 31 e 33° C. Il 28-29/5 la temperatura scese più della media stagionale e il 30/5 si registrò un forte vento nel Golfo di Napoli.

Per le fasi planetarie abbiamo: 16/4: Urano 3°N della Luna; 17/4: Nettuno 3°N della Luna; 18/4: Saturno 1,8°N della Luna e Luna all'ultimo quarto; 20/4: Marte 3°S della Luna; 22/4: Venere 4°S della Luna; 25/4: Luna nuova e al perigeo; 1/5: Luna al primo quarto; 4/5: Mercurio in congiunzione inferiore; 7/5: Plutone all'opposizione; 8/5: Juno (satellite di Giove) all'opposizione; 9/5: Luna piena; 24/5: Luna nuova e al perigeo; 25/5: Pallas in congiunzione con il Sole.

Per il mese di giugno i giorni interessati da squilibri gravitazionali di origine planetaria, furono:

8/6: Luna Piena; 10/6: Urano 2°N della Luna; Nettuno 3°N della Luna; 16/6: Luna all'ultimo quarto; 17 e 20/6: Marte 7°S della Luna, Venere 7°S della Luna; 29/6: Urano all'opposizione e Luna al primo quarto.

Rimanendo in tema di previsione su basi planetarie, il modello e le relative conferme lasciavano pensare che nel mese di Luglio si sarebbe verificato un forte periodo sismico. Luglio, poi, oltre ad essere interessato da diverse fenomenologie planetarie, fa parte del trimestre solstiziale. I giorni e le relative fenomenologie sarebbero state: 2/7: Mercurio in congiunzione superiore; 5/7: Nettuno all'opposizione; 7/7: Urano 2°N della Luna; Nettuno 3°N della Luna; 8/7: Luna piena; 14/7: Saturno all'opposizione; 15/7: Giove in congiunzione con il Sole e Luna all'ultimo quarto; 19/7: Luna al perigeo; 22/7: Luna nuova.

Essendo in estate, l'emisfero settentrionale sarebbe stato quello più vulnerabile; le aree interessate sarebbero state nuovamente la Penisola italiana, il Continente americano e la regione Asiatica, e precisamente, il parallelo dove sono ubicate: California, Italia, Grecia, Turchia-Armenia-Iran- Afghanistan, Cina, Corea del Sud e Giappone.

Le più importanti correlazioni e prove decisive sulla validità della teoria sulla previsione sismica, scaturirono dal periodo sismico del 16/7 con terremoti registratisi nelle Filippine, nel Cile e nel Potentino. Correlazioni perchè tali eventi si verificarono in corrispondenza a delle fasi planetarie favorevoli allo scatenarsi di maggiori forze di marea.

Difatti il 14 e 15/7, soltanto 24 ore prima dei movimenti tellurici, Saturno si trovava in opposizione, Giove in congiunzione con il Sole e la Luna all'ultimo quarto.

Sempre più sicura appariva quindi l'ipotesi che il terremoto potesse accadere nel momento in cui la Luna nel suo giro di rivoluzione mensile, sia in fase di quadratura, sia in fase di sizigie, veniva a sommare la sua azione attrattiva a quella degli altri pianeti. La sequenza sismica, inoltre, obbedì alla tesi "interazione zolle". Difatti gli eventi sismici si verificarono in Asia, America e Italia, come era stato appunto previsto. Gli epicentri si ebbero nel Cile (quindi nell'America del sud), nelle Filippine (vicino alla Cina, la Corea ed il Giappone) e in Italia (nel vesuviano e nel potentino). Si può certamente affermare che tale previsione rappresentò un traguardo importante e scientificamente una pietra miliare. Ma lasciava anche notare come vi era ancora approssimazione per l'individuazione dell'epicentro e come quindi dovevano effettuarsi studi più perfezionati sul tema della localizzazione epicentrale.

Riguardo le correlazioni climatiche è da segnalare che nei giorni precedenti il 7/7 si verificò un'ondata di caldo anomalo nel napoletano e che dopo lo sciame sismico si ebbe un abbassamento globale delle temperature. Anche prima del 16/7 si ebbe un aumento della temperatura in Italia e dopo il 17-18 e 19/7, quando si ebbero le scosse di assestamento nelle Filippine, come per il 7/7 si ebbe un abbassamento della temperatura. Da tali fenomenologie climatiche si concluse che prima di una sequenza sismica, principalmente in tali periodi (solstizio estivo e anno di massima attività solare, in cui si è verificato un aumento globale della temperatura terrestre) si abbia un aumento della temperatura nelle zone appartenenti all'emisfero interessato e che dopo lo scatenarsi delle forze telluriche la reazione contraria, quindi un abbassamento della stessa o l'inverso. Lo sciame sismico che si verificò il 7/7 nel napoletano fu di scosse tra il 3° e il 4° M. Tale fenomeno era sicuramente da ritenersi collegato con l'attività del Vesuvio che è un vulcano attivo, o meglio in "dinamico riposo". Il terremoto che si ebbe nelle Filippine era invece da ritenersi collegato allo scuotimento della fascia Alpino-Himalaiana e al movimento della zolla pacifica. Le scosse telluriche furono particolarmente forti a Manila, la capitale, e nella regione settentrionale dell'arcipelago. L'intensità venne valutata circa dell'8° R. A distanza di poche ore avvenne un terremoto di media intensità a Santiago del Cile, collegabile con lo scuotimento andino del terremoto che si verificò in Perù il 30/5, del 6° R. Terremoto anche a Potenza

dove ritornò il timore del 5/5 e dei terribili giorni del Novembre dell'80.

L'epicentro del terremoto venne localizzato tra i comuni di Potenza, Avigliano e Pietragalla, compresi nell'area più colpita dal sisma di quasi tre mesi prima. L'intensità fu tra il 4° ed il 5° M, di magnitudo 3.5.

Da annotare che le zolle sud-americana e pacifica, dove cioè si verificarono i terremoti del Cile e delle Filippine, sono situate ai lati (sinistro e destro) di quella africana che si muove sotto quella euroasiatica provocando i terremoti nella nostra penisola. Tale fatto era un'ulteriore conferma alla tesi "interazione zolle".

Dopo tali osservazioni si può dedurre che le più importanti fenomenologie climatiche sono legate a variazioni di pressione. La fisica ci insegna che la pressione varia con l'altezza e ciò per la differenza di gravità, da cui si può facilmente concludere che variazioni di pressioni sono legate anche a variazioni nel campo di gravitazione terrestre. Avremo quindi che ad ogni massimo dell'attività solare o meglio, ogni qualvolta si verificano delle congiunzioni planetarie, corrispondono variazioni del campo geomagnetico e gravitazionale terrestre, che provocano variazioni climatiche e crostali quali massimi di precipitazioni e di sismicità. Il terremoto, quindi, non sarebbe altro che la manifestazione di un ciclo più vasto quale è quello delle varie attività interplanetarie.

Riguardo l'affermazione che l'aumento della sismicità non è soltanto un fenomeno collegato all'incremento dell'attività solare, una prova ci è data dal verificarsi di massimi

sismici negli anni 1783-1786 e 1976 avvenuti in assenza di fasi di massima attività solare. Questa è un ulteriore conferma che le congiunzioni planetarie provocano sia l'aumento dell'attività solare che l'innesco dei relativi terremoti.

Riassunto e conclusioni
104
105

Ogni qualvolta si determina un allineamento del Sole, della Luna e dei pianeti, si verifica una maggiore attività radiante solare, che provoca una variazione del campo magnetico e gravitazionale terrestre.

Le conseguenze per il nostro pianeta sono le variazioni climatiche — precorritrici di un periodo sismico — e la sismicità.

L'area dove si devono manifestare tali eventi è quella indicata dalla risultante delle forze planetarie.

Una volta individuato il primo luogo colpito dalle manifestazioni endogene, è facile estrapolare le altre possibili zone interessate dalla sismicità, che sono quelle situate nelle zolle adiacenti quella dove è avvenuto il primo evento.

I mesi più a rischio per i terremoti, correlabili alle diverse manifestazioni solari, sono risultati il quadrimestre ottobre-gennaio, quando si verificano le massime precipitazioni; i mesi di maggio e giugno, che rappresentano il picco semi-annuale del livello medio del mare; luglio e agosto, quando l'attività radiante e le correnti ionosferiche sono massime. La criticità di tali periodi trova riscontro anche in termini statistici.

Da ciò che è stato esaminato si può concludere che gli studi sulle fasi planetarie, e non solo quello del Sole e della Luna, devono essere approfonditi ulteriormente. Questa è certamente l'unica strada che porterà ad una logica e riuscita teoria sulla previsione dei terremoti.

Fred M. Bullard, "*I vulcani della Terra*" - Paperbacks

Gasparini - Giorgetti - Parotto, "*Il terremoto in Italia: cause, salvaguardia ed interventi*" - NIS Nuova Italia Scientifica

G. Mercalli, "*Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia*" - Forni editore

Le scienze quaderni, "*La formazione delle montagne*" a cura di R. Funiciello e M. Parotto - anno 1982 n. 13

Le scienze quaderni, "*Tettonica a zolle*" a cura di Felice Ippolito.

A. Mazzarella - A. Palumbo, "*Solar, Geomagnetic and Seismic activity*", *estratto da "Il nuovo Cimento"* - vol. 11 C, pagg. 353-364, 1988

G. Calì - A. Mazzarella - A. Palumbo, "*External Sources of Earthquake triggering*". Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università di Napoli, dicembre 1988.

INDICE

COMMENTI E NOTE

Michele Nardelli è nato a Napoli nel 1969.
Da sempre appassionato delle materie scientifiche, indirizza definitivamente i suoi studi sulla previsione dei terremoti dopo il sisma del 23 novembre 1980 in Irpinia.
La sua cultura si è formata alla scuola del matematico e fisico Antonio Grablovitz, figlio dell'illustre geofisico Giulio Grablovitz, già direttore dell'Osservatorio Vulcanologico di Casamicciola, la cui attività scientifica e umana è ricordata per le particolari ricerche condotte sui fenomeni endogeni dell'isola d'Ischia.
Del suo allievo il prof. Antonio Grablovitz scriveva: *"...è senz'altro un appassionato di geofisica e vulcanologia ed anche di tutte le branche scientifiche"*.
E' autore, inoltre, di svariati articoli scientifici volti alla previsione dei terremoti, pubblicati su periodici quali "il Settimanale" ed "il Gazzettino".